621.391
С13

П. А. САВИСЬКО
В. Г. КОРЯКОВ

Пристрої відображення АСУ

621.391
С-13

П. А. САВИСЬКО
В. Г. КОРЯКОВ

ПРИСТРОЇ ВІДОБРАЖЕННЯ АСУ

051191

-2013

Техническая библиотека
Киевский
автомобильный завод

ПЕРЕВІРЕНО
621.391

10 ИЮЛ 1974

ВИДАВНИЦТВО „ТЕХНІКА"
КИЇВ — 1973

6Ф6.5
С13

УДК 621.391.246

Устройства отображения АСУ. С а в и с ь к о П.А., К о р я к о в В.Г. "Техніка", 1973, 144 стр. (на украинском языке).

Рассмотрена классификация устройств отображения АСУ, их основные показатели и требования к ним. Проведен анализ принципов построения устройств отображения коллективного пользования проекционного и ячеечного типа. Причем особое внимание уделено вопросам построения устройств отображения на базе перспективных индикаторов, а также разработке новых принципов управления. Книга предназначена для инженеров и научных работников, специализирующихся в области автоматизированных систем управления, приборостроения, и может быть полезна студентам вузов соответствующих специальностей.

Табл.6, илл.42, библ.43.

Рецензент Н.С.Северинівський, інж.

Редакція літератури з енергетики, електроніки, кібернетики та зв"язку

Завідуючий редакцією інж. З.В.Божко

С 3314 - 102
М202(04)-73 64-73

Передмова

У рішеннях XXIУ з"їзду КПРС підкреслено важливу роль автоматизованих систем планування та управління підприємствами, створюваних на основі електронно-обчислювальної техніки. Такі системи з успіхом застосовують на багатьох підприємствах. Протягом 9-ї п"ятирічки буде введено у дію не менш як 1600 нових автоматичних систем.

Невід"ємною частиною АСУ є пристрої відображення (ПВ). Вони дають змогу людині-оператору слідкувати за станом системи і активно втручатися у хід процесів. Розвиток систем управління і ускладнення розв"язуваних ними завдань, збільшення кількості джерел інформації та об"єктів управління привели до створення комплексів пристроїв відображення інформації. Особливістю таких комплексів є наявність пристроїв відображення колективного, групового та індивідуального користування, спільне використання яких забезпечує більш оперативну оцінку й аналіз стану системи управління, своєчасну реакцію на зміну цього стану.

Пристрої відображення застосовують у системах управління різного призначення, а саме: в інформаційних управлінських системах; для розв"язання графічних завдань у реальному масштабі часу; в оперативно-інформаційних системах; для полегшення шукання потрібної інформації у великих інформаційно-розшукових системах.

У наявній літературі питання про пристрої відображення розглянуто в загальних рисах. Пропонована книжка має на меті заповнити цю прогалину. Особливу увагу в ній при-

ділено принципам побудови схем керування знаковими індикаторами та різним способам спряження цих схем з джерелами інформації.

І розділ написали обидва автори, передмову, П, Ш, ІУ, У розділи та додатки написав П.А.Сависько.

Відзиви та побажання просимо надсилати на адресу: 252601, Київ,1, МСП, Пушкінська, 28, видавництво "Техніка".

Розділ I
ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЇВ ВІДОБРАЖЕННЯ АСУ

1. Призначення і класифікація пристроїв відображення

Автоматизовані системи управління широко використовуються у народному господарстві. Вони забезпечують цілеспрямовану переробку великих потоків інформації і досить гнучкий, різнобічний взаємозв"язок між різними ланками системи [11, 19]. У сфері господарської діяльності країни АСУ призначаються для управління: рухом залізничного і повітряного транспорту, матеріально-технічним постачанням і плануванням виробництва промислових підприємств.

Автоматизовані системи управління являють собою сукупність керуючих органів, засобів зв"язку, спеціальних обчислювальних та інших технічних пристроїв. На рис.1 як приклад наведено спрощену схему взаємозв"язків в АСУ, де виділено основні ланки системи і канали проходження сигналів. По керуючих каналах передаються сигнали керування від людини-оператора до автоматичного переробника інформації (АПІ) і об"єктів керування (ОК) у вигляді команд, програм дій, розпоряджень. По каналах зворотного зв"язку від ОК до АПІ і оператора надходить інформація про їх стан, результати виконання команд тощо. Введення цієї інформації в канали зв"язку можна повністю автоматизувати. Наприклад, радіолокаційна станція вимірює параметри руху заданої цілі або ж давачі, що контролюють стан якогось процесу, автоматично вводять результати вимірювань у систему. Від допоміжного джерела інформації (ДІ) автоматично або вручну вводиться додаткова інформація оперативно-тактичного характеру (наприклад, інформація про

стан додаткового устаткування, матеріально-технічне постачання тощо).

Аналізуючи будь-який з інформаційних ланцюгів взаємозв"язку (рис.І), можна бачити, що всі вони кінець кінцем замикаються через оператора, найважливішою функцією якого в АСУ є не просто сприйняття інформації, а активна участь у роботі системи, що виявляється у впливі людини на роботу окремих її ланок. Обмін інформацією між оператором і основними ланками системи в процесі роботи здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв, які забезпечують перетворення машинних кодів у форму, зручну для сприйняття органами чуттів людини.

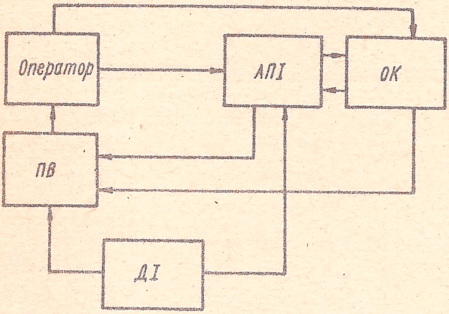


Рис.І. Спрощена функціональна схема АСУ.

Людина-оператор може сприймати інформацію всіма органами чуттів. Проте зорове сприймання є найефективнішим, бо зоровий аналізатор людини має найбільшу пропускну спроможність. Тому в АСУ застосовують, як правило, пристрої, що забезпечують подання інформації у візуальній формі і у вигляді, зручному і звичному для сприйняття оком. Такі пристрої дістали назву пристроїв відображення (ПВ).

Отже, ПВ є основною узгоджувальною ланкою між опера-

тором і іншими ланками системи. Вони подають основну та допоміжну інформацію про стан об"єктів керування у формі, зручній для сприйняття (у вигляді карт, графіків, таблиць, гістограм тощо).

Склад відображуваної інформації визначається завданнями, що їх розв"язує конкретна АСУ. За своїм характером вся інформація, яка надходить на пристрої відображення, може бути поділена так: команди і сигнали, що передаються вищими ланками керування; донесення про одержання і виконання команд та сигналів керування виконавчими органами; відомості про стан виконавчих органів та їх матеріально-технічну забезпеченність; відомості довідкового характеру; інші відомості, що визначаються цільовим призначенням системи управління. У свою чергу вищеперелічена інформація за характером використання може бути: оперативною, яка використовується тільки в процесі розв"язання завдань управління; звітною, яка запам"ятовується різними пристроями документування (вона являє собою результати роботи по етапах і може бути звітним документом).

На підставі поданої ПВ інформації про стан об"єктів керування приймаються рішення, які в АСУ можуть бути індивідуальними або колегіальними. Для індивідуального прийняття рішення окремий оператор повинен бути досить підготовленим. Колегіальне рішення виробляється групою операторів, які погоджують свої думки. Крім того, можуть прийматись одночасно індивідуальні і колегіальні рішення, погоджені певним чином одні з одними.

Залежно від форми прийняття рішень і завдань, що їх розв"язують ПВ, останні можна класифікувати так: пристрої відображення індивідуального користування, які подають інформацію одному операторові; ПВ групового користування, які подають інформацію невеликій групі операто-

рів (до трьох чоловік), об"єднаних розв"язанням спільного завдання; ПВ колективного користування, які подають інформацію для розв"язання спільного завдання групою операторів, що складається більш як з трьох чоловік.

Переваги ПВ індивідуального користування:

а) інформацію про стан ОК можна відобразити в точній відповідності з вимогами окремого оператора і характером завдання, яке стоїть перед ним;

б) характер відображуваної інформації може змінюватися за бажанням оператора, що дає йому змогу збільшувати кількість одержуваної інформації, не заважаючи роботі інших операторів;

в) збільшується ефективність вхідних даних, коректив, забезпечується ефективніший зв"язок оператора з основними ланками АСУ.

Отже, на ПВ індивідуального користування відображаються докладні відомості про об"єкти керування та їх параметри. На основі аналізу цієї інформації оператор приймає конкретні рішення.

Переваги ПВ колективного користування:

а) зручність координації дій групи операторів, підпорядкованих єдиній меті;

б) можливість поєднання макро- і мікрообстановки та виділення потрібної інформації шляхом переключання уваги;

в) велика інформаційна ємність.

Спостереження обстановки на таких ПВ дає змогу легко виділяти матеріал, що цікавить кожного з операторів, незалежно від інших (за рахунок великої різниці в кутах центрального і бокового зору), не випускаючи з уваги всієї обстановки. Оскільки повний кут зору оператора близький до 180°, а кут центрального зору становить лише кілька градусів, то повне використання зорового каналу сприй-

мання неможливе без ПВ колективного користування. Спроба створення малих екранів, які б мали ту саму інформаційну ємність, але були розташовані ближче (тобто розглядалися під самим кутом), при використанні повного кута зору людини привела б до необхідності розташовувати екран такого ПВ ближче від необхідної межі фокусування зору. Коли б малий екран був розташований далі (в полі фокусування зору), то в поле центрального зору потрапляла б значна частина екрана із зайвою інформацією, що заважало б зосередитись на потрібній ділянці.

Пристрої відображення групового користування поєднують певною мірою переваги обох типів ПВ і застосовуються при розв"язанні часткових задач, в якому повинні брати участь кілька операторів. Часто застосовують комплекси, що складаються з індивідуальних, групових і колективних ПВ. Оператор за допомогою ПВ колективного користування якісно оцінює ситуацію, що стосується загальної задачі в цілому, потім, коли треба, викликає детальну інформацію на ПВ індивідуального користування і, користуючись нею, розв"язує задачу. Отже, застосування комплексу ПВ забезпечує зв"язок окремого і загального в розв"язанні задачі. Причому слід мати на увазі, що ПВ АСУ працюють не автономно, а взаємозв"язано. Це дає змогу операторові, який провадить спостереження на даному ПВ, змінювати зображення на будь-якому іншому ПВ або діставати на своєму ПВ інше, змінене таким самим чином зображення.

За способом видачі відображуваної інформації ПВ бувають з безпосередньою видачею всієї інформації, що надходить на відображення, або видачею її частини на виклик оператора. Пристрої відображення першого типу подають операторові з мінімальною затримкою в часі всю інформацію, що надходить на відображення. Проте такий спосіб подання

не враховує цінності інформації для оператора при розв"язанні тієї або іншої задачі, що утруднює його роботу.

При другому способі видачі на екрані відображається лише та інформація, яка потрібна операторові для розв"язання задачі, тобто на той самий екран по черзі можна викликати певну кількість інформації з великого обсягу. Ця перевага ефективно виявляється тоді, коли певна категорія інформації викликається на досить тривалий інтервал часу.

Проте в тому разі, коли треба часто викликати нову інформацію, виникають серйозні труднощі. Затримка від моменту виклику до моменту відображення інформації знижує цінність останньої. Крім того, часті виклики інформації відвертають увагу оператора від розв"язання задачі і призводять до помилок у його роботі. Найдоцільнішим способом видачі слід вважати комбінований, при якому основна інформація відображається безпосередньо, а додаткова - на виклик.

Щоб підвищити ефективність роботи оператора при надходженні для відображення великої кількості різноцільової інформації, необхідно: виключити частину інформації, яка не істотна або не стосується розв"язуваної задачі; ущільнити частину інформації підсумовуванням; поділити інформацію на групи, що відрізнялися б одна від одної своїм функціональним призначенням. Дані, які мають відтворюватись, треба класифікувати і позначити так, щоб оператор міг швидко і впевнено викликати потрібну інформацію. Причому групи інформації можна відобразити двома способами: або кожну з них окремими пристроями, за якими працюють різні оператори, або всі їх одним пристроєм за певною програмою. Поділ інформації на

групи зручний для зчитування, але цього ще не досить для швидкого сприйняття її оператором, бо відомо, що порядок операцій при розв"язанні задачі не збігається із заданою послідовністю умов. Коли брати до уваги психологічні особливості роботи оператора, то оптимальним способом видачі інформації буде той, який добре відповідає алгоритмові розв"язуваної задачі. Чим менша відповідність між заданою системою умов і алгоритмом розв"язання, тим важчою й напруженішою стає робота оператора.

Перелічені вище ПВ можуть мати двокоординатні (з плоским зображенням) або трикоординатні (з об"ємним зображенням) екрани. Пристрої з об"ємним зображенням перебувають у стадії лабораторних розробок, тому слід орієнтуватися лише на плоскинні ПВ.

Пристрої відображення з двокоординатними екранами за способом відтворення зображень діляться на пристрої з одноразовим і циклічним записом. Розгляньмо ПВ з одноразовим записом. У них зображення запам"ятовується на екрані і відтворюється доти, поки не буде стерте за бажанням оператора. Як екрани таких ПВ в основному використовують ЕПТ з пам"яттю або спеціальні електролюмінесцентні екрани. ПВ з одноразовим записом зображень за способом їх оновлення поділяються на пристрої із загальним і адресним стиранням. У перших при зміні хоча б одного символу зображення стираються всі відтворені на екрані дані (тайпотрон). ПВ з адресним стиранням забезпечують можливість стирати лише ті дані, значення яких змінилось (багатоелементні електролюмінесцентні екрани).

За способом виділення місцеположення символу на двокоординатних екранах усі ПВ діляться на дискретні (коміркові) і аналогові (функціональні). У перших екран складається з коміркових дискретних індикаторів. Відображувані

символи являють собою виділений певним способом набір елементів, що набувають скінченного числа положень. До складу аналогових ПВ входять ЕПТ або інші елементи, на яких відображувані знаки можуть набувати нескінченного числа положень.

Можна класифікувати ПВ за способом формування зображення на носіях. Носій зображення являє собою тіло, властивості якого змінюють, впливаючи на нього зовнішніми потоками енергії, керованими сигналами інформації. Під впливом таких енергій носій зображення змінюється цілком або частково на той чи інший відрізок часу [1].

У ПВ використовують основні та проміжні носії, які в свою чергу поділяються на активні і пасивні. Основними носіями зображень у ПВ є ті, на яких відбувається безпосереднє їх формування. Якщо зображення на носії безпосередньо не формується, а переноситься якимось способом на нього з іншого, то такий носій є проміжним. Активні носії формують зображення за рахунок випромінювання власного світлового потоку, а пасивні - за рахунок розсіяння або модуляції світлового потоку окремого джерела світла.

За методом спостерігання зображення ПВ бувають прямого бачення та проекційні. У пристроях прямого бачення оператор спостерігає зображення безпосередньо на носії, а а в проекційних ПВ-зображення, сформоване на носії, спостерігають методом проекції. До ПВ прямого бачення з активним носієм зображень належать пристрої на звичайних, знакодрукуючих ЕПТ і пристрої, що використовують дискретні індикаторні елементи.

ПВ прямого бачення з пасивним основним носієм зображень - це пристрої, виконані на електрохімічних або магнітооптичних індикаторах. У проекційних ПВ з пасивним проміжним носієм зображень можна використовувати фотохромні матеріали, фотоплівки, термопластик тощо.

Крім основного призначення, ПВ можуть документувати інформацію. У цьому випадку в процесі індикації зображень інформація тим чи іншим способом запам"ятовується, зберігається протягом певного часу, і в разі потреби її можна відтворити.

2. Основні показники пристроїв відображення і вимоги до них

Серед різноманітних технічних і експлуатаційних показників ПВ можна виділити кілька основних (форма подання інформації, чіткість зображення і роздільна здатність ПВ, яскравість і контрастність зображення, кількість відображуваної інформації, швидкість роботи ПВ і пропускна спроможність, надійність і вартість ПВ, достовірність і точність відображення). Ці показники визначають загальні властивості того або іншого ПВ і його основні можливості також дають змогу провадити порівняльну оцінку ПВ.

Форма подання інформації. З точки зору зручності читання й аналізу відображуваної інформації останню треба подавати в такій формі, щоб максимальною мірою викликати у оператора асоціацію з образами, пов"язаними з його уявленням про керований процес, і давати йому можливість виявити співвідношення та зв"язки у відображуваній моделі, з тим щоб він сприйняв якнайбільше істотних сторін реального процесу, що їх містить повідомлення. Звичайно для якісного сприйняття складної моделі застосовують знаково-аналогову форму подання інформації, при якій відображувані образи і символи асоціативно пов"язані з реальними об"єктами. Для кількісного читання застосовують цифрову форму, що дає змогу з потрібною

точністю характеризувати той чи інший параметр відображуваного процесу. Нерідко якісне і кількісне подання поєднуються. В цьому випадку основна частина обстановки відображається в аналоговій формі, а деякі кількісні характеристики – в цифровій, у вигляді формулярів.

Чіткість зображення і роздільна здатність ПВ. Чіткість, яка є однією з найважливіших якостей зображення, відбиває здатність ПВ відтворювати найдрібніші деталі зображення і визначається кількістю елементів побудови N_e всього зображення на екрані. Недостатня чіткість призводить до неприємного відчуття дефокусування, розмитості зображення. При цьому дрібні й середні деталі зображення стають невпізнанними, нерозбірливими [20].

У загальному випадку кількість елементів побудови зображення символу дорівнює добуткові кількості елементів побудови кожної координати: $N_e = n_1 \; n_2$, де n_1, n_2 – кількість елементів побудови по координатах. Для зображень, побудованих растровим способом, при заданій ширині зображення L і його висоті H кількість елементів побудови однозначно зв"язана з кількістю рядків Z :

$$N_e = \frac{L}{H} \; Z^2.$$

Для характеристики якості зображення, що його приймає оператор, не досить самої лише чіткості. Тому застосовують поняття питомої чіткості зображення, або роздільної здатності ПВ, яка визначається кількістю ліній на міліметр або мінімальною відстанню між елементами побудови зображення. При певній чіткості у вигляді кількості елементів побудови по кожній координаті n_1, n_2 і розмірах зображення L, H роздільну здатність по кожній координаті (мінімальний розмір елемента зображення) можна

визначити за формулами:

$$l_1 = \frac{n_1}{L} ; \quad l_2 = \frac{n_2}{H} .$$

Роздільна здатність визначається гостротою зору оператора, який сприймає зображення [33], тобто мінімальним кутом зору, при якому два сусідніх елементи побудови ще розрізняються. Гострота зору залежить від яскравості елементів побудови та їх відносної контрастності на темному фоні. При яскравості елементів побудови від 2 до 4 нт гострота зору оператора становить приблизно одну кутову мінуту. На практиці роздільну здатність виражають через кутові розміри видимого елемента зображення - кут між променями, спрямованими від очей оператора до крайніх точок елемента зображення. Кутові розміри елемента зображення залежать від його лінійної величини та відстані від оператора до елемента:

$$tg\,\alpha = \frac{l}{D} , \qquad (1)$$

де α - кутовий розмір елемента в градусах; l - лінійний розмір елемента; D - відстань до елемента по лінії погляду.

Криві залежності лінійного розміру l, що забезпечує нормальну роздільну здатність, від відстані D наведено на рис.2. Для оператора, який спостерігає зображення з відстані близько 30 см, ПВ повинен мати мінімальний розмір елемента зображення 0,15 мм (крива 2). Значно менші розміри елементів зображення не забезпечуватимуть потрібної роздільної здатності, а елементи, розміри яких приблизно в п"ять разів перевищуватимуть це граничне значення, даватимуть небажану "зернистість" зображень (крива 1).

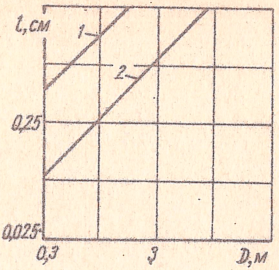


Рис.2. Залежність розміру елемента зображення від відстані спостереження.

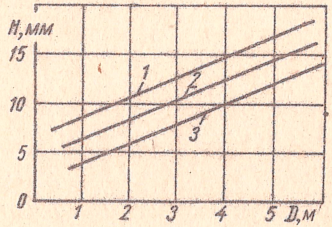


Рис.3. Залежність розміру знака від відстані спостереження для ПВ різних типів: 1 – із змінним положенням цифр при яскравості світіння 0,03–3 нт; 2 – з незмінним положенням цифр при яскравості світіння 0,3–3 нт; 3 – з незмінним положенням цифр при яскравості світіння понад 3 нт.

Роздільна здатність ПВ є пороговою характеристикою, і збільшувати її вище від певної межі не слід, бо елементи зображення не сприйматимуться оком.

Оптимальні розміри знаків на екрані ПВ, так само, як і елементів зображення, визначаються гостротою зору і залежать від ряду факторів: яскравості, контрастності, стомлюваності оператора і т.д. Для визначення висоти знака треба вказувати відстань до екрана. Причому слід мати на увазі, що оптимальний розмір знака істотно відрізняється від мінімального, який визначається гостротою зору в 1 мінуту. Різні дослідження показали, що оптимальна величина знака, яка забезпечує найбільш швидке і точне зчитування, дорівнює 40′ (по висоті). При більших розмірах знаків час і точність зчитування практично не змінюється. Найменша допустима величина знака становить 20′ [15]. При менших розмірах знаків час зчитування і кількість помилок різко зростають. На рис.3 показано залежності висоти знака H від відстані спостереження D і рівня яскравості світіння. Відношення висоти до ширини знака дорівнює 3:2.

Яскравість і контрастність зображення. Видимість знаків залежить від їх яскравості: як правило, чим вища яскравість, тим більша видимість. Яскравість зображень B для ПВ з активними екранами прямого бачення – це відношення сили світла в даному напрямі до проекції світної поверхні на площину, перпендикулярну тому ж напрямові. Для рівномірно яскравої поверхні зображень $B = \frac{I_a}{S \cos\alpha}$, де I_a – сила світла в даному напрямі; S – площа поверхні зображення.

Одиницею виміру яскравості зображення є ніт (нт). 1 нт – це яскравість гранично малої плоскої поверхні, яка світиться однаково в усіх точках і для якої відношення сили світла у свічках до її площі у квадратних метрах дорівнює

051191

Техническая библиотека Киевский автомобильный завод

одиниці, причому яскравість і силу світла визначено в напрямі, перпендикулярному до цієї поверхні.

Яскравість зображення для ПВ з пасивними екранами прямого бачення дорівнює добутковій величини освітленості зображення E на носії при наявності стороннього джерела світла і коефіцієнта дифузного відбиття ρ або пропускання τ :

$$B = \frac{\rho E}{\pi}; \qquad B = \frac{\tau E}{\pi},$$

де ρ – коефіцієнт відбиття (відношення величини відбитого до величини падаючого світлового потоку); τ – коефіцієнт пропускання (відношення величини пропущеного носієм до величини падаючого світлового потоку).

Для вимірювання яскравості поверхонь, які відбивають світло, часто застосовують величину апостильб* .

Щоб визначити яскравість ідеально розсіюючої відбиваючої поверхні в апостильбах, досить помножити величину освітленості цієї поверхні в люксах на її коефіцієнт відбиття. При спостереженні зображень методом проекції у виразах для розрахунку яскравостей зображень слід робити поправку на світлосилу оптики.

Зображення на екрані повинні мати оптимальну яскравість, щоб, спостерігаючи їх, оператор не стомлювався. При малій яскравості оператор мимоволі з напруженням вдивлятиметься в зображення на екрані і швидко стомиться. Надмірна, сліпуча яскравість теж швидко стомлює оператора. Для

---

* 1 асб – це яскравість абсолютно білої ідеально розсіюючої поверхні, освітленість якої дорівнює 1 лк: 1 асб = $\frac{1}{\pi}$ нт = 0,318 нт.

затемнених приміщень рекомедуються такі значення яскравості: мінімальн- 17 нт, задовільна 35 нт, дуже добра 50 нт і максимальна 70 нт.

Щоб правильно оцінити ступінь точності відтворення зображення на екрані за яскравістю, треба знати, наскільки точно розрізняє яскравості і деталі зображення наш зоровий апарат.

Розрізняють світлову чутливість і розрізняльну здатність ока. Світловою чутливістю ока називають величину, обернену світловому мінімальному потокові, який відповідає порогу світлового відчуття. Око має властивість адаптації, тобто може змінювати свою світлову чутливість, пристосовуючись до різних умов освітлення. Проте для розпізнавання оператором зображень на екрані важлива не абсолютна чутливість ока до світла, а його розрізняльна здатність, тобто здатність ока бачити різницю в яскравостях різних точок предмета і тим самим відчувати зображення предмета. Ця властивість ока оцінюється граничко малою різницею яскравостей ΔB двох стичних поверхонь, при якій око ще розрізняє ці яскравості. Мірою розрізняльної здатності є контрастна чутливість ока, яка визначається відношенням $\Delta B/B$. Дослідження показують, що в значному інтервалі яскравостей око починає розрізняти зображення, коли $\Delta B/B = 0{,}17$.

Отже, можна твердити, що як параметр для оцінки зображення на екрані слід використовувати не абсолютну величину яскравості зображення, а його яскравісний контраст. Це пов"язано з тим, що при відображенні інформації на екрані має місце зовнішнє засвічування відображуючої поверхні і світіння фону екрана. Яскравісний контраст визначається як відношення різниці яскравості зображення $B_з$ і фону $B_ф$ до яскравості фону, тобто

$$K = \frac{B_ф - B_з}{B_ф} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad K = \frac{B_з - B_ф}{B_з} \cdot 100\% .$$

Як видно з цих співвідношень, яскравість відтворюваних знаків може бути більшою від яскравості фону, що його створює джерело зовнішнього освітлення в площині екрана, і меншою.

У зв"язку з цим розрізняють сприйняття темних символів на світлому фоні (прямий контраст) і світлих на темному (зворотний контраст). При порівняно невеликій яскравості, що практично здійснити легше, світлі символи на темному фоні сприймаються краще. У праці [13] показано, що в умовах зворотного контрасту зір стомлюється менше і оператор допускає менше помилок, ніж при прямому контрасті. Робоча зона контрасту при цьому лежить у межах 65–95%. Найкраща величина зворотного контрасту дорівнює 85–90%. Залежно від яскравості фону на основі цих даних визначають необхідну яскравість відображуваних символів.

Для кращого сприйняття зображень на екрані слід використовувати в ПВ колірне кодування знаків і символів, забарвлення фону або виділення кольором додаткових ознак ОК (наприклад, нормальна робота – аварійний режим). Розв"язуючи питання про колірне кодування, треба зважати на чутливість ока до різних довжин хвиль і на можливості технічної реалізації. Око чутливе тільки до відносно невеликої ділянки спектра електромагнітних хвиль: довжини хвиль видимої частини спектра лежать у межах від інфрачервоних променів до ультрафіолетових. Причому в межах цієї ділянки спектра не всі довжини хвиль однаково впливають на око. Найбільший коефіцієнт видимості має жовто-зелений колір (оптимальний колір кодування). При одночасному кодуванні кількома кольорами доцільно використовувати кольори, що

найбільше відрізняються один від одного: червоний (650 нм), фіолетовий (430 нм) і т.д.

Застосування колірних контрастів сприяє підвищенню розрізняльної здатності. Як колір фону доцільно вибирати "холодні" тони. Можна рекомендувати такі комбінації кольорів знака і фону: синій на білому; чорний на жовтому; зелений на червоному і т.д.

К і л ь к і с т ь в і д о б р а ж у в а н о ї і н ф о р м а ц і ї. ПВ, які відтворюють на екранах інформацію у вигляді комбінації різних символів із заданого алфавіту, можна розглядати як дискретні джерела повідомлень, що подають часову послідовність випадкових величин (символів із заданого алфавіту). У праці [18] показано, що коли кількість знаків алфавіту (можливих станів) дорівнює $n_з$, а кількість символів (дискретних елементів) у повідомленні $n_с$, то кількість можливих повідомлень (інформаційна ємність ПВ) дорівнює $N_п = n_з^{n_с}$. Причому, коли кожне з повідомлень може з"явитися з імовірністю P_k, то сукупність усіх повідомлень N становитиме повну групу подій $\sum_{k=1}^{n_с} P_k = 1$, а середня кількість інформації, що її містить одне повідомлення,

$$I = -\sum_{k=1}^{N_п} P_k \log P_k \text{ біт.}$$

Середня кількість інформації, яка припадає на один символ повідомлення, дорівнюватиме $I_с / n_с$ (інформаційна ємність символу). При рівноймовірній появі того або іншого символу в повідомленні кількість відображуваної інформації ПВ можна знайти з виразу $I = -N_п \log P_k$. При взаємонезалежній появі будь-якого з символів алфавіту ентропія повідомлення

$$H_n = -\sum_{k=1}^{N_n} P_k \log P_k .$$

Тут ми розглядали одномірний набір символів у повідомленні, тобто випадок, коли к'лькість інформації визначена для одномірного повідомлення. Проте зображення в ПВ, як правило, багатомірне. В цьому випадку ентропія повідомлення, створювана дискретними випадковими незалежними координатами М, дорівнює сумі ентропій повідомлень по кожній координаті:

$$H_n = -\left[\sum_{i=1}^{M}\sum_{k=1}^{N_n} P_{k_i} \log P_{k_i}\right]. \qquad (2)$$

Такими координатами можуть бути: площинні координати x, y; форма символу (цифри, букви, умовні знаки); орієнтація символу (курс); колір символу; яскравість світіння тощо.

Вираз (2) для ентропії багатомірного повідомлення справедливий, коли координати випадкові і взаємонезалежні. Однак при відтворенні інформації на ПВ ця умова виконується лише в момент подання операторові першого кадру з якою-небудь ще невідомою інформацією. Наступні кадри значною мірою повторюють зміст попередніх. У кожному наступному $(j+1)$ кадрі кількісно інформацію можна оцінити як різницю ентропій наступного і попереднього кадрів $(I = H_{j+1} - H_j)$; вона залежить від характеру відображуваної ситуації, її структури та часу зміни кадрів, тобто від ступення кореляції координат за часом.

Ш в и д к і с т ь р о б о т и ПВ і п р о п у с к н а с п р о м о ж н і с т ь. Під швидкістю роботи ПВ розуміють кількість інформації, відображуваної за одиницю

часу: $W=\frac{I}{t}$. Швидкість роботи вимірюється кількістю двійкових одиниць за секунду (біт/сек) або відображуваних знаків за секунду (знак/сек).

Іноді швидкість роботи ПВ характеризується темпом видачі інформації. Цей термін застосовують у тих випадках, коли на ПВ інформація відображається дискретно певними порціями, наприклад кадрами. При цьому темп видачі інформації вимірюється в одиницях часу і часто не залежить від конкретного змісту кадру. В цьому випадку кажуть, наприклад, що темп видачі інформації становить 60 сек, маючи на увазі, що через кожні 60 сек на екрані ПВ висвічується новий кадр, зміст якого можна частково або повністю змінити по всіх відображуваних об"єктах. Така характеристика не досить повно визначає швидкість роботи ПВ, але точніше виявляє дискретність видачі інформації і час затримки, що його вносить ПВ.

Повнішою характеристикою є час (темп) оновлення інформації

$$t_{он} = \frac{N_k}{W} ,$$

де N_k – кількість повідомлень у кадрі; W – швидкість роботи ПВ.

Коли кажуть, що час оновлення інформації по 100 повідомленнях – 1 хв, то тим самим характеризують швидкість роботи ПВ(W = 100 знаків/хв), причому інформація на екрані ПВ відображатиметься дискретно з періодом квантування за часом, що дорівнюватиме $t_{он}$.

Під пропускною спроможністю ПВ розуміють максимальну кількість інформації за одиницю часу, яку можна реалізувати. Оскільки технічні засоби дають змогу відображати інформацію з досить великими швидкостями, а при роботі

системи "ПВ-оператор" у реальному масштабі часу вся інформація в процесі відображення сприймається оператором, то пропускну спроможність ПВ не можна розглядати без урахування можливостей людини. Якщо позначити пропускну спроможність оператора через С, то однією з умов оптимального спряження ПВ з оператором була б рівність $W = C$.

При нерівності $W > C$ робота системи "ПВ - оператор" буде неефективною внаслідок втрат і спотворень інформації, зв"язаних з перевантаженням оператора. Якщо $W < C$, то ефективність роботи зменшується внаслідок зниження уваги й активності оператора (сенсорний голод). Проте деяке зниження швидкості роботи ПВ порівняно з пропускною спроможністю оператора доцільне, бо оператор менше стомлюється і може ефективно працювати протягом довшого часу. Тому більш прийнятним буде таке співвідношення між швидкістю і пропускною спроможністю: $W = C - \xi$, де $\xi < C$.

Пропускна спроможність С оператора залежить від багатьох факторів, зокрема від характеру розв"язуваного завдання; від тренованості оператора в розв"язанні аналогічних завдань; від складності сприйняття символів (їх форми, яскравості, контрастності, розмірів, складності контурів, відстані спостереження); від працездатності оператора в момент сприйняття. Величина С може становити від 3 до 50 біт/сек.

Для багатьох АСУ завдання, що покладаються на операторів, містять елементарні операції вибору (порівняння) об'єктів за однією або кількома характеристиками, причому вибір (порівняння) можна провадити як в умовах монотонної зміни характеристик (зростання або убування), так і в умовах різноспрямованої їх зміни. Досліди показують, що при порівнянні більш як за двома характеристиками пропускна спроможність оператора різко знижується. Тому інформа-

ційну модель слід будувати так, щоб на оператора покладалися завдання вибору не більш як за двома характеристиками. Для цього відображувану інформацію треба спочатку перетворити на ЕОМ. Пропускна спроможність оператора і час, що відводиться йому на розв"язання завдання, є вихідними даними для визначення допустимого обсягу відображуваної інформації.

Надійність і вартість ПВ. Надійність є імовірнісною характеристикою і визначається імовірністю безвідказної роботи:

$$P = e^{-t\sum N_i \lambda_i},$$

де t – час безвідказної роботи; λ_i – інтенсивність відказів елементів i-го типу; N_i – кількість елементів i-го типу.

Для порівняння різних ПВ за вартістю запроваджують поняття умовної вартості: $\psi = G/I$, де G – вартість пристроїв відображення; I – кількість відтворюваної інформації у двійкових одиницях. При цьому слід брати не початкову вартість ПВ, а загальні затрати на апаратуру, які включають початкову вартість і затрати протягом усього строку експлуатації ПВ.

Достовірність відображення. Під достовірністю інформації, що відображається на ПВ, розуміють середню кількість помилок (втрат і спотворень) при сприйнятті інформації оператором, яка припадає на певну кількість неспотвореної інформації. До основних факторів, що зумовлюють втрати інформації при сприйнятті, можна віднести: перевантаження ПВ, накладення символів, неповне сприйняття оператором. У першому і третьому випадках втрати інформації можна усунути або звести до мінімуму, пра-

вильно узгодивши ПВ з потоком інформації, яка надходить на нього, про що говорилось при розгляді пропускної спроможності ПВ.

Втрати інформації при накладенні символів можна описати такою моделлю. Нехай ПВ являє собою матрицю з N знакомісць, на якій є N_1 випадково розташованих символів. Середнє значення кількості символів, які перекриваються, тобто розташовуються не на своїх місцях, дає можливість визначити середній процент накладень. Нехай N_2 – загальна кількість зайнятих знакомісць матриці. Тоді середня кількість накладень $N_{сер} = N_1 - N_2$. Імовірність того, що яке-небудь знакомісце взагалі не буде зайняте,

$$P_0 = \left(\frac{N-1}{N}\right)^{N_1}, \qquad (3)$$

а імовірність того, що воно буде зайняте один або більше разів,

$$P_1 = 1 - \left(\frac{N-1}{N}\right)^{N_1}.$$

Отже, загальна кількість знакомісць, зайнятих одним знаком,

$$N_2 = N\left[1 - \left(\frac{N-1}{N}\right)^{N_1}\right], \qquad (4)$$

тоді середня кількість перекриттів згідно з виразами (3) і (4)

$$N_{сер} = N_1 - N\left[1 - \frac{N-1}{N}\right]^{N_1}. \qquad (5)$$

Проте вираз (5) незручний для розрахунків. Скориставшись тим, що

$$\left(1-\frac{x}{y}\right)^{y}=e^{-x} \quad \text{при } y \gg x,$$

перепишемо формулу (4) так:

$$N_{сер}=N_1-N\left[1-e^{\frac{N_1}{N}}\right].$$

Останній вираз дає занижену оцінку середньої кількості накладень, бо враховує тільки повні накладення. Реально ж можливі спотворення інформації і при частковому накладенні (перекритті).

Точність відображення. Точністю ПВ називають їх властивість забезпечувати відображення знаків на інформаційному полі з похибками, що лежать у заданих межах при певних умовах експлуатації. Для визначення точності роботи пристрою відображення треба проаналізувати всі помилки пристрою. При обчисленні сумарної середньоквадратичної помилки ПВ користуються такою формулою: $\sigma=\sqrt{\sigma_1+\sigma_2+\ldots+\sigma_n}$, де σ – сумарна помилка ПВ; σ_1, $\sigma_2,\ldots,\sigma_n$ – помилки окремих вузлів пристрою.

Очевидно, що точність ПВ можна вважати достатньою, коли відтворювана ним інформація за точністю буде не гіршою від вхідної [18]. У принципі можна добитися високої точності в роботі ПВ, але при цьому слід зважати на можливості оператора. При відображенні інформації на екранах ЕПТ помилки, зумовлені дискретністю коду по координатах x і y, можна визначити за формулами:

$$\Delta x=\frac{1}{2^n-1}; \qquad \Delta y=\frac{1}{2^m-1},$$

де n і m – відповідно кількість розрядів коду по координатах x і y .

Запровадимо поняття класу точності, який характеризується величиною $\varepsilon = 100\%/N_n$, де N_n – інформаційна ємність ПВ (кількість можливих повідомлень). Наявність шумів у каналі зв"язку знижує точність відображення інформації. При цьому клас точності ПВ $\varepsilon = 100\%/N_n'$, де N_n' – кількість повідомлень, які достовірно передаються по каналу зв"язку при певному відношенні сигнал/шум. Оскільки $N_n' < N_n$, то різниця

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon' - \varepsilon = \frac{100\%}{N_n'} - \frac{100\%}{N_n}$$

буде додатною величиною. Відносна похибка відображення

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{m - m'}{m'}$$

характеризує відносне зменшення кількості відображуваних на екрані ПВ станів, яке виникає внаслідок завад у каналі зв"язку.

3. Пристрої відображення проекційного типу

У технічній літературі [24,38] досить докладно описано пристрої відображення індивідуального і групового користування. До них належить апаратура, встановлювана на робочих місцях (пультові індикатори).

В АСУ використовують два типи таких пристроїв: монітори, які відображають інформацію, але не дають операторові можливості керувати нею; буквено-цифрові і графічні пульти, що відтворюють інформацію і дають змогу операторові втручатися в роботу системи управління. Це найбільш перспективний клас пристроїв відображення індивідуального і групового користування, оскільки вони забезпечують найефективнішу роботу оператора в системі управління.

У цьому розділі розглядаються лише ПВ колективного користування. У цих пристроях зображення формується звичайно на проміжних носіях інформації пасивного типу. ПВ проекційного типу мають екрани з ромірами від 0,7х0,7м до 6х6м.

Перевагами проекційних ПВ є: можливість діставати багатоколірне зображення на великих екранах з високою контрастністю і роздільною здатністю;великий обсяг відтворюваних даних; можливість оптичним шляхом сумістити з великою точністю кілька зображень; автоматичне документування інформації.

На рис.4 наведено функціональну схему проекційного ПВ. Розгляньмо призначення окремих елементів цієї схеми.

Зовнішнє джерело світла призначене для створення сталого світлового потоку великої інтенсивності.

Проміжний носій модулює світловий потік відповідно до зображення, записаного на ньому; запам"ятовує і в деяких випадках документує зображення. Модуляція світлового потоку може відбуватися за рахунок розсіяння або поглинення. Носій є основною ланкою проекційних пристроїв відображення і багато в чому визначає основні параметри та ефективність роботи пристрою. Тепер у проекційних ПВ як проміжні носії використовують фотоплівки, електрографічні пластини, фотохромні, масляні і термопластичні плівки тощо. Проміжні носії повинні мати малий час обробки та експонування і велику чутливість.

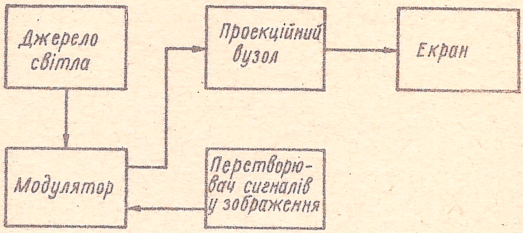


Рис.4. Функціональна схема проекційного ПВ.

Перетворювач інформаційних сигналів у зображення формує зображення відповідно до коду сигналу, що надійшов від джерела інформації. Як перетворювачі в проекційних ПВ використовують електронопроменеві трубки, фототелеграфні апарати, електромеханічні координатні самописи і т.д. Сформоване перетворювачем зображення запам"ятовується ним на час, достатній для запису його на проміжний носій. Час запису визначається застосованим у даному ПВ методом перенесення зображень на носій. Це може бути швид-

кісний фотопроцес, електрографія, фотохромні процеси, формування зображень на масляній або термопластичній плівці. Вищеперелічені методи можна поділити на дві підгрупи: методи запису, які змінюють фізичні властивості носія (фотохімічні процеси, електрографія), і методи, що деформують поверхню проміжного носія.

Проекційний вузол проектує зображення з проміжних носіїв на екран. Отже, у проекційних ПВ процеси нагромадження зображень і проекції на великі екрани розділені, що дає змогу вибрати для кожної з цих операцій оптимальний режим. Основними параметрами таких ПВ є: розміри зображення, яскравість, роздільна здатність, час оновлення зображень, точність суміщення зображень на екрані і матеріально-технічне забезпечення.

Класифікувати проекційні ПВ можна за типами носіїв зображень. Розгляньмо принципи побудови і основні характеристики проекційних ПВ з різними носіями зображень.

Використання фото- і електрографічних носіїв зображень забезпечує відображення на екрані ПВ двох видів інформації: динамічної (яка швидко змінюється) і статичної (яка змінюється порівняно повільно). При цьому інформацію можна відтворити в кількох кольорах. Можна також відобразити відрізки прямих ліній і досить великий алфавіт знаків простої та складної конфігурації. Спрощену функціональну схему такого ПВ показано на рис.5.

Інформація від джерел надходить на розподільний пристрій (РП), який розподіляє її по двох каналах залежно від виду (статична або динамічна). Сигнали, що надходять від пристроїв керування ($ПК_1$,$ПК_2$), перетворюються двома електроннопроменевими трубками $ЕПТ_1$, $ЕПТ_2$. Відтворені на екранах ЕПТ знаки, лінії та букви з допомогою при-

строїв фотографування ($ПФ_1$, $ПФ_2$) переносяться на фотоплівки ($П_1$, $П_2$), які надходять потім у пристрій швидкісної обробки (ПШО) і далі в кадрові вікна ($КВ_1$,$КВ_2$) проекційного пристрою, що забезпечує суміщення зображень з двох плівок на одному екрані. Точність суміщення становить 0,05% висоти екрана.

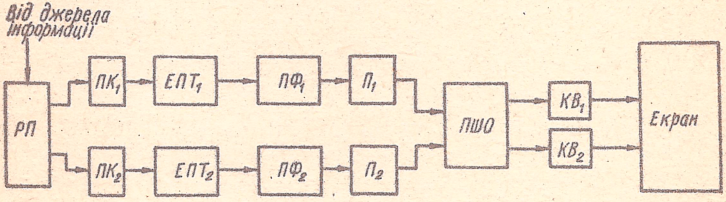


Рис.5. Спрощена функціональна схема ПВ з фотоносіями зображень.

Кольорове зображення на екрані можна дістати кількома способами: фотографуванням зображень з двох ЕПТ через два світлофільтри на кольорову плівку з наступною проекцією на екран; фотографуванням на чорно-білу плівку з наступною проекцією на екран через кольорові світлофільтри; застосуванням лінзорастрової плівки, що обробляється як оборотна чорно-біла (для кольоропередачі в цьому випадку використовують растровий спосіб відокремлення кольорів).

Час оновлення зображень у ПВ з використанням носіїв на фотоплівках - від 10 сек до 1 хв. Сюди входить час, необхідний для експонування плівки, її переміщення і проявлення. Щоб час оновлення становив менш як 10 сек, треба застосувати автоматичне переміщення плівки та швидкісну її обробку. З відомих засобів швидкісної обробки плівки найефективнішими є такі: підвищення температури обробних розчинів; об"єднання проявлення і фіксування в один процес;

виключення окремих операцій процесу обробки; прискорення сушіння плівки. Роздільна здатність таких ПВ обмежена можливостями ЕПТ, проекційної оптики і пристроїв обробки плівки. Найтиповіше розділення – до 2000 ліній/мм.

Яскравість зображень на екрані залежить від розміру екрану і потужності джерела світла. При використанні лампи, яка дає змогу дістати на екрані розміром 6х6 м світловий потік 6000 лм, яскравість зображень становить 127 нт. Проте застосування таких потужних ламп зв"язане з певними труднощами, тому найчастіше використовують лампи, що мають удвоє меншу силу світла. В цьому випадку на екрані розміром 3х3 м і з коефіцієнтом підсилення 2,5 яскравість зображення становить 75 нт. Розроблено також ПВ, в яких перетворення сигналів і зображення здійснює не ЕПТ, а фототелеграфний апарат. При цьому точність формування зображень на носії значно збільшується.

Основні вади проекційних ПВ з носієм на фотоплівці такі: великий час оновлення відображуваної інформації; велика витрата плівки і хімікатів; малий строк служби проекційних джерел світла (25–50 год); великі габаритні розміри проекційного пристрою; складність технічного обслуговування.

Усунути деякі з цих вад можна, використовуючи замість фотоплівок електрографічні носії зображень, світлочутливим шаром в яких є фотопровідник, найчастіше селен, нанесений на провідну основу, наприклад металеву пластину. Такий шар не проводить електрики в темряві, але стає провідником під дією світла; шар набуває світлочутливості після нанесення на його поверхню рівномірно розподіленого електростатичного заряду.

Процес одержання зображень на електрографічному носії складається з таких етапів:

1. Очутливлення пластинки (електростатична сенсибілі-

зація). Для цього пластинку проводять під кількома коронуючими дротами, внаслідок чого вона дістає рівномірний поверхневий заряд.

2. Експонування пластинки будь-яким фотографічним способом. При цьому опір фотопровідника зменшується пропорціонально інтенсивності світла, яке впало на ділянку шару, і відповідно поверхневий заряд фотопровідника стікає в провідну основу, залишаючи приховане електростатичне зображення.

3. Проявлення прихованого електростатичного зображення за допомогою високодисперсного порошку. Порошок притягається до ділянок, що зберегли заряд, і утворює видиме зображення.

4. Перенесення зображення на постійну основу, наприклад папір. При цьому папір завдяки контактові з порошковим зображенням на пластинці дістає позитивний заряд, порошок притягається до паперу і залишається на ньому.

5. Закріплення порошкового зображення. Проявляючий порошок являє собою легкоплавку смолу, яка під дією тепла розплавлюється, даючи тривке, світлостійке зображення. Після проявлення пластинку очищають і використовують для одержання нових зображень.

Електрографічний спосіб одержання зображень має такі переваги перед фотографічним: швидкість одержання готового зображення (час обробки становить кілька секунд); відсутність "мокрих" процесів обробки; простота процесу і відносна нескладність апаратури; можливість одержувати копії за будь-якою з двох схем: "негатив-позитив" і "позитив-негатив"; багаторазове використання електрографічних шарів; невисока вартість копій.

Використання фотохромних носіїв зображень. Фотохромними називаються мате-

ріали, у яких колір або здатність до поглинання світла можна швидко змінювати, опромінюючи їх світлом певного спектрального складу (активуючим світлом). Коли активуючого світла немає або умови опромінювання змінились, фотохромні матеріали самочинно повертаються до свого початкового стану і знову набувають звичайного, "нормального" кольору. Використовуючи властивість оборотності фотохромного процесу, можна дістати на носії рухомі або змінні зображення об"єктів, оскільки зображення згасатиме після того, як активуючий світловий промінь пройде далі. Самочинне стирання старих зображень дає змогу записати на їх місце нові.

Основні принципи фотохромії можна пояснити з допомогою хімічного рівняння рівноваги, яке описує взаємне перетворення двох форм хімічної речовини А і В. Пряма реакція (А→В) здійснюється активуючим світлом. Звичайно активуюче світло являє собою потік ультрафіолетових променів, і форма А є безбарвною. У багатьох випадках як активуюче можна використати видиме світло певного діапазону хвиль. Форма В - забарвлена.

У багатьох фотохромних матеріалах при нагріванні або при впливі іншого виду активуючого світла відбувається прискорення реакції знебарвлення (В→А). Тому в деяких випадках потрібне відповідне охолодження, щоб зберегти форму В незмінною протягом довгого часу. Нерідко активація дає не форму В, а іншу, не здатну відновлюватись у форму А, що поступово призводить до вичерпання запасів (втоми) форми А. Цю властивість мають майже всі відомі фотохромні матеріали.

До характеристик фотохромних матеріалів належать: чутливість до зміни оптичної густини на одиницю світлового потоку активуючого випромінювання; час післядії - збере-

ження забарвленої форми; час переходу з форми А у форму В; спектральні характеристики матеріалу.

Чутливість фотохромного носія буде максимальною, якщо спектр активації А матеріалу і спектральні характеристики І джерела активуючого світла збігатимуться. На рис.6 показано таку відповідність спектрів активації плівок типу 43-540 і 63-071 (відповідно криві 1 і 2) і кривих випромінювання люмінофорів Р-16 і Р-11 (відповідно криві 3 і 4), що використовуються в електроннопроменевих трубках. Найефективнішими є світлові промені в діапазоні хвиль 350-400 нм. Очевидно, що опромінення плівки типу 43-540 ультрафіолетовим світлом з довжиною хвилі менш як 300 нм не забезпечить її ефективної активації і дасть дуже незначне забарвлення.

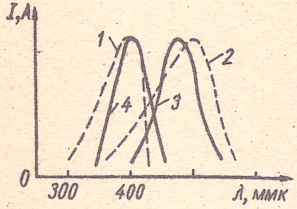


Рис.6. Спектральні характеристики джерела світла і фотохромних плівок.

Процеси забарвлювання і знебарвлювання відбуваються так. Спочатку в стані В перебуває дуже невелика кількість молекул речовини. Починаючи з моменту ввімкнення джерела активуючого світла t_1 кількість молекул, що перебувають у стані В, швидко зростає, плівка забарвлюється. Через якийсь час у плівці виникає стан рівноваги між швидкістю забарвлювання і швидкістю знебарвлювання, в результаті чого відношення кількості молекул стану В до кількості молекіл стану А стає незмінним. У момент вимкнення джерела активуючого світла t_2 процес забарвлювання припиняється, а знебарвлювання триває. В результаті відновлюється початковий колір.

Кожен фотохромний матеріал має свою швидкість знебарвлювання, яка залежить від навколишньої температури та інтенсивності підсвічування. Наприклад, середній час забарвлювання плівок типу 43-350 у темряві при T = = 30°C дорівнює 30 хв, а плівки типу 51-142 - 17 хв. Час переходу із стану А в стан В становить звичайно кілька мікросекунд.

Переваги фотохромних носіїв: матеріал активується на молекулярній основі і має необмежену роздільну здатність (до 1000 ліній/мм); використовуючи різні матеріали, можна діставати різні кольори; час збереження зображень регулюється добором матеріалів, температурою носія і модуляцією активуючого джерела; можливість багаторазового використання носія; здатність до самопроявлення без спеціальної обробки; слабка чутливість до навколишнього освітлення, тобто можливість експонування носія без затемнення.

Вади фотохромних носіїв: необхідність використання активуючого випромінювання великої енергії для швидкісного запису зображень; повторне використання носіїв дещо обмежене; недостатня контрастність зображень. Розроблені тепер пристрої відображення з використанням фотохромних носіїв інформації забезпечують проекцію темного зображення на світлому фоні екрана розміром 1,52х1,52 м з яскравістю світіння 63 нт. Дані в них оновлюються через кожні 2 сек, одночасно по 120 символів.

Основою такого ПВ є ЕПТ оригінальної конструкції (рис.7). На алюмінієву основу всередині трубки нанесено люмінофор типу Р-16, який під впливом електронів випромінює ультрафіолетові промені. Екран трубки 1 зроблено із скловолокна. З внутрішнього його боку розташоване дихроїчне інтерференційне світлороздільне дзеркало 8, яке пропускає ультрафіолетові промені і відбиває промені видимого

світла. Строк служби люмінофора Р-16 при максимальній частоті зміни даних становить 1000 год.

Зображення, створене на люмінофорі електронним променем, через світлороздільне дзеркало, товщина якого лише в кілька разів перевищує довжину хвилі світла, передається на скловолокно, а звідти у вигляді великої кількості пучків ультрафіолетових променів – на фотохромну плівку 2, яка прилягає до зовнішньої площини екрана. Роздільна здатність цих пучків – менш як 120 ліній/мм. Оскільки товщина фотохромного шару плівки становить лише 0,00254 мм, роздільна здатність, досягнута в трубці, лишається незмінною. Зображення, одержане на фотохромній плівці, з допомогою оптичної системи проектується на великий екран 3. Водночас стара інформація стирається.

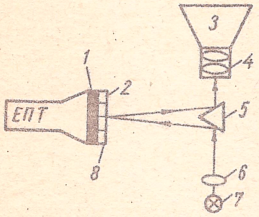


Рис.7. Пристрій відображення з носієм зображень на фотохромній плівці.

Оптична система (рис.7) включає джерело світла 7, об"єктив 4, дзеркало 5 і набір конденсорних лінз 6. На поверхню фотохромної плівки світло спрямовується дзеркалом, відбивна поверхня якого розташована під кутом 45° до падаючого променя. Світловий промінь проходить через фотохромну плівку, повністю відбивається від дихроїчного дзеркала трубки і знову проходить через плівку. Завдяки дворазовому проходженню світла через плівку ефективна оптична густина зображення подвоюється. Наприклад, якщо ділянка плівки, опромінена ультрафіолетовими променями, має поглинаючу здатність 90%, тобто її оптична густина дорівнює одиниці, то після подвійного поглинання променів через не-

прозорі деталі пройде лише 1% світла. Це дає змогу значно знизити інтенсивність ультрафіолетового випромінювання і дістати на екрані зображення заданої контрастності.

Особливості ПВ цього типу – велика інформативність екрана, на якому, крім відображуваної в даний момент інформації, протягом певного часу залишається у вигляді слабкого сліду інформація, відображена раніше, що дає змогу операторі швидко знайти потрібну точку й оцінити її часові параметри. Інтенсивність світіння сліду мала, отже, воно не заважає операторові спостерігати основну інформацію.

ПВ з проміжними носіями на маслянній або термопластичній плівці. Спільним у таких пристроях є використання в"язкого або пластичного середовища (середовище Шлірена) для запису зображень у поєднанні з дифракційно-щілинною оптикою для проектування їх на великий екран з допомогою стороннього джерела світла. Фізичний ефект, на якому грунтується використання середовища Шлірена, – це деформація носія під дією електростатичних сил і спричинювана нею зміна напряму світлових променів, що пропускаються крізь носій. Відомо два види проміжних носіїв такого типу: на масляній плівці і на термопластику.

Пристрій відображення з носієм першого типу (система "Ейдофор") показано на рис.8. Масляну плівку завтовшки близько 100 мкм наносять на угнуте металеве дзеркало 1, яке разом з електронною гарматою 6 поміщають у вакуум. При переміщенні електронного променя по поверхні плівки на ній залишаються заряди, причому площа зарядженої поверхні пропорціональна діаметрові пучка. Коли діаметр пучка підібрано так, що поверхня плівки заряджається рівномірно, то електростатичні сили діють на плівку по всій поверхні однаково, не спричиняючи деформації. Якщо змінити діаметр

пучка, то плівка деформується внаслідок нерівномірності електростатичного заряду. Величина деформації пропорціональна сигналові, який керує діаметром або інтенсивністю електронного променя.

Зображення на екрані створюється так. Світловий потік від потужного джерела світла 2 (до 2000 лм) падає на пластину 5, яка має ряд паралельних щілин (гратки). Відбитий гратками потік падає на угнуте сферичне дзеркало 4.

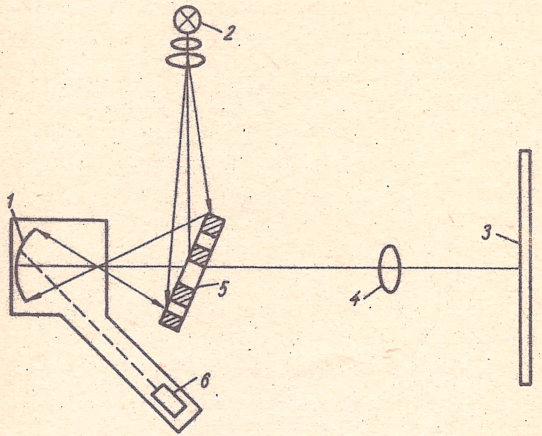


Рис.8. Пристрій відображення типу "Ейдофор".

Після відбиття від сферичного дзеркала світловий потік двічі проходить крізь деформовану масляну плівку, змінює свій напрям залежно від ступеня її деформації і вже не повністю збирається на плоских гратках, а частково проходить крізь них і з допомогою об"єктива 4 проектується на екран 3. Механічні й електричні властивості плівки добирають так, щоб деформації, які виникають на її повер -

хні, зникали за час, що дорівнює періодові передачі кадру. Щоб запобігти старінню плівки, застосовують повільне обертання дзеркала і одночасне безперервне нанесення свіжого шару, видалення старого і механічне вирівнювання його поверхні.

Пристрій відображення цього типу забезпечує відтворення на великому світлорозсіюючому екрані (4х3 м) чорно-білого і кольорового телевізійного зображення із стандартом розкладення не більш як 625 рядків і розрахований на безперервну роботу протягом 8 год з наступною перервою не менш як на 3 год.

Залежно від режиму роботи ПВ має такі періоди підготовки:

а) при щоденному вмиканні, після перерви, що не перевищує 23 год, - не більш як 60 хв;

б) при щотижневому вмиканні, після перерви від 23 до 160 год, - не більш як 4 год;

в) при перерві в роботі понад 160 год час готовності ПВ до роботи становить 250 год.

ПВ з проміжними носіями на масляній плівці мають такі вади : малий строк служби катода, який руйнується парами масла (6-20 год); високий вакуум (порядку 10^{-6}) у вузлі масляної плівки, який важко підтримувати; малий час фіксації зображень на масляній плівці, що вимагає їх безперервної регенерації; можливість безпосереднього спряження ПВ тільки з телевізійними каналами; низька роздільна здатність і неможливість відображення буквено-цифрової інформації.

З метою вдосконалення ПВ цього типу добиваються підвищення їх роздільної здатності з 625 до 1000 рядків і запису буквено-цифрової інформації з допомогою електронного променя. Розробляється також автоматична турель, яка замі-

нює катод з перервою зображення на 3 сек; створюється світлоклапанна система, в якій катод буде віддалений від носія зображень.

Тепер провадяться роботи по використанню як проміжних носіїв зображень термопластичних плівок. Така плівка являє собою тугоплавку основу, вкриту прозорим провідником, на поверхню якого накладають тонкий шар легкоплавкого термопластику. З допомогою електронного променя на поверхні термопластичної плівки утворюють систему зарядів, що відповідає зображенню, яке треба записати. Після цього плівку нагрівають до точки плавлення термопластику, і електростатичні сили деформують її поверхню. Процес деформації відбувається доти, поки не настане рівновага електростатичних сил і сил поверхневого натягу. Потім плівку охолоджують нижче від температури плавлення, і нерівності, що утворились на її поверхні, тужавіють.

Стерти записані зображення можна нейтралізацією системи зарядів на плівці. Для цього плівку нагрівають вище від температури плавлення термопластику, з тим щоб збільшити її провідність. Плівка розряжається, сили поверхневого натягу вирівнюють поверхню, і плівка готова до повторного використання.

На термопластичній плівці можна записувати зображення з великою густиною (на 1 $см^2$ носія - $7 \cdot 10^6$ біт) в аналоговій або дискретній формі, методом вільного керування променем або телевізійної розгортки. Причому час зберігання зображень на носії можна регулювати в широких межах. Тепер відомі способи запису зображень з допомогою електронного променя як у вакуумі, так і поза ним. При записі зображень у вакуумі ПВ матиме ті самі основні вади, що й система "Ейдофор".

Більш перспективним слід вважати метод запису зобра-

жень на термопластик поза вакуумом. На рис.9 показано схему ПВ такого типу, в якому потенціальний рельєф переноситься на термопластик з допомогою спеціальної планшайби, що має низьку анізотропну провідність. Електронний промінь, надаючи дротикам 10 планшайби заряду, створює між електродом і їх кінцями електричне поле, яке деформує поверхню термопластичної плівки. Світловий потік, відбиваючись від щілинних граток 6, крізь прозорий електрод 11 падає на шар термопластику 8. Якщо термопластик не деформований, то потік, відбившись вдруге від граток, потрапляє назад до джерела світла. Після деформації поверхня термопластика стає оптично неоднорідною, і світло в цьому випадку відбивається з деяким заломленням і падає на екран 4.

Позавакуумний запис зображень у ПВ цього типу можна здійснити також на фотопластичних носіях, в яких поєднуються властивості електрографічних і термопластичних носіїв. Фотопластичні носії виготовляють у вигляді тришарової плівки. Перший шар складається з прозорого термопластика, другий - з фотопровідного матеріалу, третій - із суцільного провідника. У термопластичному шарі створюють рівномірно розподілений заряд. Потім на фотопровідному шарі фокусують зображення (наприклад, з екрана ЕПТ). Ділянки цього шару, на які падає світло, стають провідними, внаслідок чого заряд стікає з них, а неосвітлені ділянки зберігають свій заряд. Потенціальний рельєф, що залишився на термопластичному шарі, відповідає потрібному оптичному зображенню. При наступному нагріванні електростатичні сили, які виникли внаслідок наявності цього рельєфу, спричиняють деформацію поверхні шару, що використовується потім для проекції через оптичну систему Шлірена.

Записати зображення на носій методом деформації можна

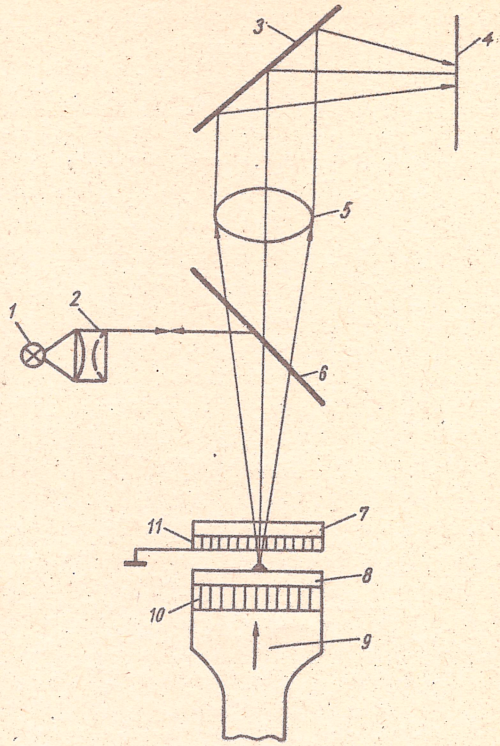


Рис.9. Пристрій відображення з термопластичним носієм зображень:
1 - джерело світла; 2 - конденсорні лінзи; 3 - дзеркало; 4 - екран; 5 - об"єктив; 6 - щілинні гратки; 7 - скляна пластина; 8 - шар термопластика; 9 - електронний промінь; 10 - дротики планшайби; 11 - прозорий електрод.

не тільки електронним, а й електромеханічним способом – дряпаючим пером. Як матеріал для запису застосовують пластик з металевим покриттям або прозору плівку з непрозорим покриттям. Дряпаюче перо знімає покриття з діапозитива, створюючи рисунок потрібного зображення. Для проектування останнього на екран використовують стандартна проекційна система. Дряпаюче перо закріплюють у спеціальній рамці і переміщують його по горизонталі і вертикалі за допомогою крокових двигунів. Швидкість запису порядку 10 знаків/сек. У деяких ПВ записується зображення на носій методом пропалювання носія. Вадами з електромеханічним способом запису зображень є шуми, великий час реакції, значна витрата матеріалу носія.

4. Пристрої відображення комірkового типу

В АСУ для відображення інформації, яка повільно змінюється (вибраних даних), використовують знакові ПВ (табло) комірkового типу, на яких дані відтворюються у вигляді мнемонічних зображень або таблиць із знаковим (цифровим) заповненням.

У таких ПВ, як правило, використовуються основні носії активного або пасивного типу і спостереження провадиться безпосередньо. Вони істотно відрізняються від ПВ інших типів специфікою роботи і побудовою. Це пристрої паралельної дії, тобто в них на кожен елемент зображення інформаційної моделі припадає свій елемент індикації і на екрані можна одночасно і без запізнювання відобразити всю інформаційну модель при теоретично необмеженій точності і високій якості знаків у будь-якому місці екрана.

На рис.10 наведено узагальнену функціональну схему ПВ комірkового типу, яка включає ряд незалежних вузлів такого призначення:

пристрій спряження (ПС) забезпечує своєчасне приймання інформації, яка надходить від джерел, і в разі потреби зберігає інформацію до її оновлення;

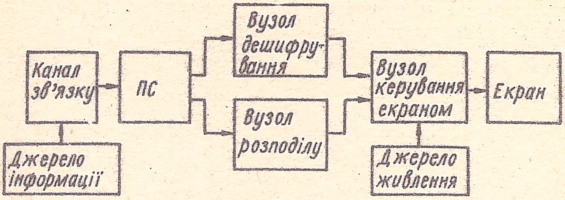


Рис.10. Функціональна схема пристрою відображення коміркового типу.

вузли дешифрування і розподілу керують роботою дальших двох вузлів - керування екраном і власне коміркового екрана. Перший з них вибірно формує сигнали керування індикаторами екрана і запам"ятовує їх стани. На комірковому екрані наочно відтворюється інформаційна модель відповідно до кодів одержаного сигналу. У дальших розділах, зважаючи на обмежений обсяг книжки, буде розглянуто структуру і принцип побудови останніх двох вузлів тільки для ПВ коміркового типу.

Розділ ІІІ
ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМІРКОВИХ ЕКРАНІВ ТА ІНДИКАТОРІВ

5. Структура знакових екранів коміркового типу

Під екраном розуміють площину, утворену скінченною сукупністю дискретних індикаторів (комірок), на якій відтворюється інформаційна модель якого-небудь процесу. Відмінність коміркових екранів від інших полягає в тому, що вони поєднують функції перетворення електричних сигналів у зображення і подання цих зображень операторові. Залежно від форми відображуваної інформації вони бувають мнемонічними або цифровими (знаковими).

На мнемонічних екранах наочно відображаються фіксовані повідомлення (графіки, гістограми, дані про поточний стан об"єктів керування АСУ, хід динамічних процесів тощо). Складаються вони звичайно з індикаторів, здатних відтворити обмежену кількість станів, наприклад: "ввімкнено", "вимкнено". Перевагою мнемонічних екранів є простота керування і можливість наочного моделювання станів та процесів за дуже короткий відрізок часу, оскільки для кожного стану або процесу є окремий знаковий індикатор і швидкість відображення інформації обмежуватиметься тільки інерційністю знакових індикаторів та комутуючих елементів.

Вади мнемонічних екранів: громіздкість, зумовлена тим, що кількість індикаторів в екрані пропорціональна кількості відображуваних станів; мала інформаційна ємність, оскільки кожний індикатор відображає лише один-два стани. Використовувати мнемонічні екрани доцільно при наочному (якісному) відображенні інформаційної моделі невеликої ємності.

Для відображення знаково-цифрової інформації в ПВ АСУ використовують екрани, що складаються з цифрових (знакових) індикаторів відносно великої інформаційної ємності (один індикатор відтворює Р станів). Висоту кожного відображуваного знака можна знайти, скориставшись виразом [1]

$$H = tg\alpha D . \qquad (6)$$

Зважаючи на те, що найшвидше і найточніше зчитування знаків забезпечується при $\alpha = 40'$, $H = 1{,}16 \cdot 10^{-2} D$. Ширина знака звичайно дорівнює 0,65 Н.

Проте вираз (6) визначає розмір знака при спостереженні його по нормалі. На практиці ж операторові доводиться спостерігати знаки на екрані під кутами, які відрізняються від нормалі, що спричиняє чи збільшення розмірів знака або зменшення максимальної відстані, з якої одночасно зчитується інформація. У праці [38] показано, що ця зміна пропорціональна секансу кута спостереження $\beta_н$:

$$H = 1{,}16 \cdot 10^{-2} D \, sc\beta_н .$$

Індикатори в екрані утворюють рядки і колонки. Кількість рядків в екрані m визначається кількістю одночасно відображуваних повідомлень, а кількість індикаторів у рядку $n_р$ – кількістю різнотипних компонентів (параметрів), що їх містить повідомлення, діапазоном їх зміни і потрібною точністю відображення. Кількість рядків визначається місцем ПВ в АСУ (нижча або вища ланка), типом ПВ (індивідуальний, колективний) і звичайно становить кілька десятків, а кількість індикаторів у рядку зумовлена характером відображуваних повідомлень (відомості про повітряні об"єкти, метеообстановку, стан елементів АСУ). Наприклад, повідомлення про повітряні об"єкти може містити такі компоненти:

$$R_i = \left\{ t_i , X_i , Y_i , H_i , V_{x_i} , V_{y_i} , O_i , X_{\partial_i} , O_{o_i} \right\} ,$$

де t_i – час виявлення об"єкта; X_i, Y_i, H_i, V_{x_i}, V_{y_i} – координати і параметри руху об"єкта; O_i – ознака джерела інформації; X_{∂_i} – характеристика приналежності об"єкта; O_{o_i} – ознака об"єкта.

Для відображення перелічених вище компонентів одного повідомлення треба мати в рядку екрана до 28 знакових індикаторів. Отже, для відображення 10 повідомлень цього типу в екрані мусить бути 280 знакомісць. При побудові екранів слід зважати на те, що збільшення кількості знакомісць утруднює роботу операторів. Експерименти з цифровим екраном показують, що мінімальний час прийняття рішення (пошуку) оператором $t_{рішт}$ досягається тоді, коли йому подається для обробки одне повідомлення (рядок), що містить не більш як 40 компонентів.

При збільшенні кількості m повідомлень (рядків) в екрані до п"яти час прийняття рішення різко збільшується (рис. 11), а потім залишається практично на одному рівні при зміні загальної кількості знакомісць у межах 500. Час прийняття рішення оператором можна знизити, застосовуючи різні способи оформлення інформаційного поля.

До таких способів належать:

а) виділення рядка на екрані підкреслюванням або зміною кольору;

б) поділ рядків або елементів у рядку на групи;

в) нанесення на лицьовий бік екрана статичних написів (вид відображуваних повідомлень, назва рядків і колонок за різними ознаками) та розділових ліній по рядках і колонках. Як правило, відстань між рядками дорівнює 0,5 Н, а між колонками 0,1 Н.

Статичні написи звичайно бувають однаковими і постій-

ними для екранів, що відображають певний тип повідомлень. Питому вагу статичних написів на екрані можна оцінити коефіцієнтом трафаретності

$$K_m = \frac{n_m}{n_м},$$

де n_m – кількість символів, які складають статичні написи на екрані; $n_м$ – можлива кількість знаків екрана.

Залежно від типу екрана $K_m = 0{,}05 \div 0{,}4$. Причому статичні написи можна наносити по рядках і колонках або тільки по колонках. Екрани першого типу застосовують при відображенні компонентів наперед визначених повідомлень. Наприклад, відображаються з певними перервами в часі постійні повідомлення про стан параметрів P_1, P_2, P_3, ..., $P_к$ рознесених у просторі об"єктів. У цьому випадку на знаковому екрані написи над рядками означають типи об"єктів, написи над колонками – назви параметрів (рис.12).

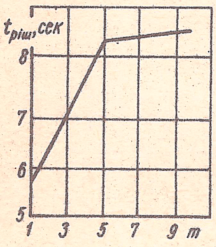


Рис.11. Залежність часу прийняття рішення від кількості рядків в екрані.

Такий процес відображення підпорядкований певній закономірності, тому в повідомлення нема потреби включати компоненти часу t_i і ознаки об"єкта O_{oi}. При цьому розподілити повідомлення, що надійшли, по відповідних рядках екрана можна з допомогою досить простих пристроїв. Кількість рядків екрана дорівнює кількості повідомлень, які відображаються одночасно.

Проте такі екрани недоцільні тоді, коли час надходження і кількість відображуваних повідомлень наперед не відомі, тобто при відображенні випадкового процесу. В цьому

випадку темп і порядок надходження інформації визначаються конкретною ситуацією. Наприклад, при відображенні характеристик повітряних об"єктів наперед не відомі їх тип,

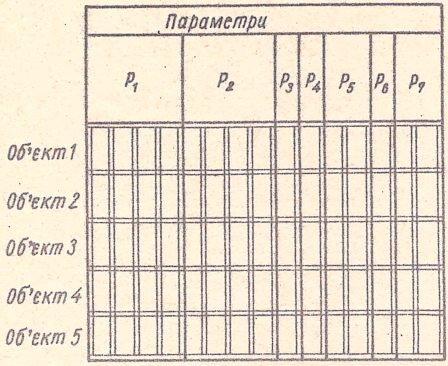


Рис.12. Структура знакового екрана з фіксованим розподілом повідомлень.

кількість і т.д. Повідомлення, що надходять на відображення в цьому випадку, повинні містити не тільки компоненти характеристик об"єктів, а й компоненти часу і типів об"єктів. Причому повідомлення можуть містити дані про вже відображені об"єкти (оновлення інформації) або про нові об"єкти. Для відтворення такої інформації використовують екрани, які мають статичні написи тільки по колонках (назви параметрів), а в рядках додають індикатори для відображення типів об"єктів (рис.13). Оптимальну кількість рядків такого екрана можна визначити з допомогою теорії масового обслуговування.

Розглянуті типи екранів відрізняються способами розподілу повідомлень по рядках. В екранах першого типу можли-

вий тільки фіксований розподіл, бо в кожному рядку можуть відображатися параметри тільки одного наперед заданого об"єкта; екрани другого типу звичайно бувають з довільним розподілом, при якому інформація певного об"єкта відображається в першому-ліпшому вільному рядку екрана.

Номер об'єкта	Параметри						
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7

Рис.13. Структура знакового екрана з довільним розподілом повідомлень по рядках.

Лінійні розміри екрана по вертикалі $L_в$ і горизонталі $L_г$ можна оцінити з таких співвідношень:

$$L_в = 1{,}5\, mH = 15 \cdot 10^{-3}\, m\, D\, sc\, \beta_H ;$$

$$L_г = 0{,}75\, n_р\, H = 75 \cdot 10^{-4}\, n_р\, D\, sc\, \beta_H .$$

Отже, розмір екрана залежить від загальної кількості індикаторів в екрані і відстані до спостерігача. Коефіцієнт використання індикаторів екрана визначається з виразу $K_в = \frac{n_ф}{n_м}$, де $n_ф$ – фактична кількість знаків (цифр), які

відображаються на даному екрані. Для наявних екранів цей коефіцієнт має такі значення: $K_в = 0,6 \div 0,75$.

При розробці ПВ треба мати на увазі, що час сприйняття інформації, яка відображається на екрані, і кількість помилок залежать не тільки від розмірів окремих знаків, але й від розташування екрана в полі зору оператора. Найкращим слід вважати таке розміщення екрана, коли кут огляду дає змогу операторові, не змінюючи положення очей, розрізняти форму всіх знаків, які він розглядає. У горизонтальній площині цей кут становить 30–40° для об"єктів складної конфігурації. При плоскому екрані із знаковою індикацією максимальний кут огляду може становити 50–60°, бо в цих межах оператор периферійним зором помічає зміни, що відбуваються на екрані. У вертикальній площині кут огляду становить приблизно половину горизонтального кута: оптимальний – 0–30° вниз від лінії погляду, допустимий – 30° вгору і 40° вниз від лінії погляду. Найважливіші ПВ розташовуються на рівні очей оператора або нижче від нього.

Оптимальний розмір екрана ПВ залежить від багатьох факторів, зокрема від наявності місця і виду використовуваної апаратури. Дослідн показують, що для ПВ колективного користування оптимальна відстань спостереження повинна бути в 2–6 разів більшою від ширини екрана. Отже, розмір екрана треба вибирати з урахуванням кількості спостерігачів та їх розміщення. Якщо працює невелика група операторів, бажано розмістити їх ближче до екрана, зменшуючи тим самим максимальну відстань спостереження. В цьому випадку відношення відстані спостереження до ширини екрана звичайно становить 2:1. Проте, коли є кілька великих екранів, за якими повинні спостерігати всі члени групи, застосовують відношення 6:1.

6. Класифікація знакових індикаторів

В існуючих ПВ АСУ кількість індикаторів (комірок) в екрані коливається від сотень до кількох тисяч. У зв"язку з цим для побудови екранів доцільно використовувати тільки індикатори, які відзначаються високою надійністю і довговічністю, достатньою швидкодією, незалежністю параметрів від зовнішніх умов, споживають небагато енергії і задовольняють вимоги, викладені в параграфі 2. Крім того, ці індикатори повинні бути простими за конструкцією, технологічними і легко спрягатися із схемами керування.

Знакові індикатори (комірки), що використовуються в ПВ АСУ, відзначаються великою різноманітністю характеристик і принципів роботи. Проте досі немає єдиної класифікації індикаторів, яка б давала змогу об"єднати їх у групи за найістотнішими ознаками. Це, по-перше, призвело до появи в літературі описів великої кількості типів індикаторів і, по-друге, утруднює порівняльний аналіз їх характеристик [7,8].

Розгляньмо класифікацію і деякі порівняльні характеристики коміркових індикаторів АСУ. Всі візуальні індикатори можна класифікувати за принципом створення світлового потоку, за способами відтворення, фіксації та подання зображень.

Залежно від принципу створення світлового потоку індикатори діляться на активні і пасивні. Активні індикатори найширше використовуються для відображення знакової інформації. Індикація зображень у них здійснюється за рахунок випромінювання власного модульованого світлового потоку. Основними функціями таких індикаторів є: перетворення електричної енергії, яка надходить від стороннього джерела, у світловий потік різного спектрального складу і відносно високої яскравості; модуляція світового потоку відповідно до формованого зображення.

Функцію перетворення електричної енергії у світлову в активних індикаторах виконує джерело світла, а функцію модуляції може виконувати або джерело світла (індикатор з модульованим джерелом), або додаткові елементи, звичайно механічні (індикатор з постійним джерелом світла). Залежно від способу перетворення енергії активні індикатори діляться на електролюмінесцентні (ЕДІ), газорозрядні (ГЗІ), розжарні (РІ).

Пасивні індикатори працюють за рахунок розсіяння або модуляції світлового потоку від стороннього джерела світла, тобто виконують тільки функцію модуляції зовнішнього світлового потоку. Розробкою цих індикаторів для ПВ АСУ почали більше займатись останнім часом, зважаючи на те, що вони мають ряд істотних переваг перед активними індикаторами. Очевидно, в майбутньому вони знайдуть широке застосування в ПВ АСУ. Залежно від умов використання і вимог до якості зображення пасивні індикатори можуть модулювати (розсіювати) штучний або природний світловий потік. В останньому випадку вони економічніші, бо витрачається потужність тільки для керування їх станами.

Такі індикатори надійно працюють при великій освітленості від зовнішнього джерела світла і, як правило, в момент індикації не споживають енергії. В основу їх побудови можна покласти будь-яке фізичне явище, пов"язане із зміною коефіцієнта відбиття або оптичної густини середовища (для всього світлового спектра або його частини)внаслідок зовнішнього впливу. Для ПВ АСУ розроблено електромеханічні, електрохімічні (ЕХІ) і магнітооптичні пасивні індикатори.

За способом відтворення знаків коміркові індикатори бувають трафаретні і мозаїчні. Причому це можуть бути як активні, так і пасивні індикатори. У трафаретних індикато-

рах знаки відтворюються у вигляді заздалегідь підготовлених фігур, нанесених яким-небудь способом (напиленням електролюмінесцентного шару, нанесенням фарби, гравіруванням) на скло або метал. Використовуються вони в основному для індикації геометричних символів, рідше - цифрової і знакової інформації. У мозаїчних індикаторах знаки відтворюються у вигляді різних комбінацій окремих індикаторних елементів точкового або сегментного типу. Кожен індикаторний елемент бере участь у відображенні кількох знаків.

У плоских індикаторах (ЕЛІ, ЕХІ) форма елемента визначається конфігурацією електродів (точки або сегменти), а в розжарних і газорозрядних точки утворюються відповідно до форми джерела світла, смужки - за допомогою підсвічуваних трафаретів. Відомі також газорозрядні індикатори, в яких форма смужок залежить від конфігурації катодів. Особливість сегментних індикаторів полягає в тому, що вони відображають тільки певні знаки і цифри, набір яких обмежується конфігурацією сегментів.

Будь-який мозаїчний індикатор можна вважати дискретним джерелом повідомлень з кількістю розрядів, що дорівнює кількості елементів мозаїки індикатора. Тому при відтворенні найпростіших знаків (рис.14), які відрізняються одні від одних хоча б одним елементом мозаїки, кількість знаків, що їх відображає індикатор,

$$n_з = \rho_м \, n_{моз} , \qquad (7)$$

де $\rho_м$ - кількість можливих станів індикатора ("ввімкнено" або "вимкнено"); $n_{моз}$ - кількість елементів мозаїки індикатора.

У свою чергу, при заданому алфавіті простих знаків кількість елементів мозаїки індикатора

$$n_{моз} = log\, n_з \,, \qquad (8)$$

де $n_з$ – кількість знаків в алфавіті.

Звичайно ПВ АСУ відображають складні знаки, які відрізняються одні від одних кількома елементами мозаїки, тому при заданому $n_з$ значення $n_{моз}$ буде більшим, ніж обчислене з виразу (8). Крім того, при заданому $n_з$ кількість елементів $n_{моз}$ залежить від конфігурації знаків, що визначається типом і змістом відображуваної інформаційної моделі.

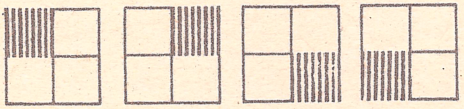


Рис.14. Найпростіший мозаїчний індикатор.

Надлишок елементів мозаїки в індикаторі пояснюється тим, що не всі відтворювані індикатором знаки збігаються з конфігурацією символів заданого алфавіту. Найбільше елементів мозаїки потрібно при відтворенні в знаках дрібних деталей і знаків складної конфігурації. Літери російського і латинського алфавітів, арабські і римські цифри, найпростіші геометричні фігури (трикутник, прямокутник) можна відтворити з необхідною точністю при порівняно невеликій кількості елементів $n_{моз}$. Ця кількість залежить від типу мозаїки. Для точкової мозаїки $n_{моз} = 30 \div 100$, а для сегментної $n_{моз} = 6 \div 20$.

Кількість елементів мозаїки звичайно визначають не розрахунком, а експериментальним добором. Виходячи з заданого алфавіту знаків, вибирають орієнтовно величину $n_{моз}$ і досліджують, які знаки можна відтворити. При неповному

відтворенні кількість знаків $n_{моз}$ збільшують і дослід повторюють. Визначаючи величину $n_{моз}$, керуються не тільки заданим набором символів, а й вимогою завадостійкості [22], яку можна виконати, ввівши додатково в індикатор надлишок елементів мозаїки. Слід зважати також на можливість одиночного збою в індикаторі, що призводить до згасання одного робочого елемента при зворотному контрасті або засвічування одного зайвого елемента при прямому контрасті.

Залежно від способу фіксації зображень розрізняють індикатори з власною і з зовнішньою пам"яттю. Для першого виду сталі стани ("ввімкнено", "вимкнено") визначаються параметрами короткочасних імпульсів керування і фіксуються за рахунок особливостей фізичних або хімічних процесів, що відбуваються в індикаторах. У пристроях із зовнішньою пам"яттю для фіксації станів використовуються додаткові елементи пам"яті або безперервно подаються імпульси керування.

За способом подання зображень індикатори бувають проекційного і прямого бачення. В індикаторах прямого бачення зображення знака спостерігають безпосередньо на носії, а в проекційних зображення, сформоване на носії, спостерігають за допомогою методу проекції.

7. Активні індикатори

У ПВ АСУ широко застосовуються електролюмінесцентні індикатори (ЕЛІ). В основі їх роботи лежить явище електролюмінесценції – світіння твердого тіла (люмінофора) під дією електричного поля. Тепер досягнуто таких величин інтенсивності світіння електролюмінофорів, які цілком достатні для багатьох випадків практичного застосування. Залежно від технології виготовлення електролюмінесцентні ін-

дикатори можуть бути порошковими, тонкоплівковими та інжекційними.

Електролюмінесцентні порошкові індикатори звичайно виконують у вигляді плоских панелей необхідних розмірів і форми, які рівномірно світяться по всій поверхні. Запропоновано багато різних варіантів таких панелей, але найбільшого поширення набула конструкція, зображена на рис.15 [10]. Поверхню скляної пластини 1 вкривають тонким шаром прозорого і водночас електропровідного металу 2. Для створення такого покриття звичайно використовують окис олова. Поверх покриття 2 на скляну пластину наносять рівномірний за товщиною шар електролюмінофора 3, замішаного в пластичному діелектрику. Потім методом випаровування у вакуумі наноситься непрозорий електрод з металу 4.

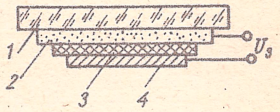


Рис.15. Конструкція ЕЛІ.

Як сполучний діелектрик для порошкового електролюмінофора використовують матеріали типу ЭП-96, які мають високу діелектричну проникність ($\xi = 3 \div 4$).

Після подавання змінної напруги збудження $U_з$ між металевим електродом і прозорим провідним покриттям виникає рівномірне світіння електролюмінофора, яке видно з боку скла. Із збільшенням напруги до певної максимальної величини яскравість світіння зростає. Це нелінійна залежність. Апроксимуючи її, дістаємо [10]:

$$B = A \exp\left[-\left(\frac{Z}{E}\right)^{\frac{1}{2}}\right],$$

де B – яскравість; E – напруженість поля; A, Z – константи матеріалу при даній частоті.

Задавшись величиною напруги $U_з$, можна показати, що яскравість електролюмінесцентного елемента збільшується із зростанням частоти збуджуючої напруги приблизно лінійно, маючи слабку тенденцію до насичення в області високих частот.

Час збудження світіння ЕЛІ становить близько 5 періодів синусоїдної збуджуючої напруги. Це час, необхідний для досягнення рівня яскравості, що дорівнює 50% від усталеного значення. За період прикладеної напруги відбуваються два спалахи – так звані хвилі яскравості. Практичною характеристикою ЕЛІ є інтегральна яскравість (усереднена в часі). Час згасання світіння до 10% від максимальної яскравості становить десятки мікросекунд.

Спектр світла, випромінюваний ЕЛІ, лежить у видимій частині випромінювання (4000–6000 Å). Вітчизняна промисловість тепер випускає серійно ЕЛІ з зеленим, блакитним, синім, жовтим і червоним кольорами світіння, виконані у вигляді мнемосхем, буквено-цифрових та знакових індикаторів мозаїчного і трафаретного типу [6]. Розроблено також триколірні електролюмінесцентні індикатори багатошарової структури. Основу такого індикатора становлять три накладених один на одного люмінесцентних шари, кожен з яких має автономну систему електричного збудження. Найкращими є яскравісні характеристики ЕЛІ з зеленим кольором світіння. Ряд люмінофорів, наприклад червоний, має малу світловіддачу. Такі люмінофори можна використовувати тільки на підвищених частотах (2–3,5 кгц).

Одним з недоліків ЕЛІ є необхідність використовувати напругу збудження великої амплітуди. Наприклад, для електролюмінофорів типу ЭЛ-5/10М яскравість світіння в 30 нт можна дістати при збудженні їх синусоїдною напругою 220–250 в і частотою 400–1200 гц. При збільшенні частоти до

10 кгц напруга $U_{зеф}$ знижується до 135 в, що є допустимим за технічними умовами на ЕЛІ.

Електролюмінесцентні індикатори можна використовувати в різних умовах зовнішньої освітленості: в затемненому приміщенні при зовнішньому засвічуванні до 1 лк; в напівзатемненому приміщенні з місцевим освітленням при зовнішньому засвічуванні 10–12 лк; при освітленості в площині панелі до 50 лк і вище. Режим збудження вибирають відповідно до умов зовнішньої освітленості.

При одноколірній індикації раціонально використовувати ЕЛІ з зеленим кольором світіння, які дають найбільші рівні яскравості. Проте експлуатація ЕЛІ і в цьому випадку буде ефективною лише в умовах напівзатемнених приміщень з місцевим освітленням, якщо рівень зовнішньої освітленості в площині ЕЛІ не перевищує 20–30 лк. Збільшення яскравості ЕЛІ в умовах великої зовнішньої освітленості не дає пропорціонального збільшення видимості (розрізнюваності) знаків. Отже, щоб добитися задовільної видимості в таких умовах, треба збільшувати контрастність знаків шляхом зменшення коефіцієнта відбиття ЕЛІ. Для цього використовуються поглинаючі шари і покривні світлофільтри. Такі індикатори можуть працювати при високому зовнішньому засвічуванні. Наприклад, використання коміркових світлофільтрів з коефіцієнтом відбиття 2% при коефіцієнті пропускання 35% (для електролюмінесцентного випромінювання) дає змогу досягти яскравості зображення 12–15 нт при зовнішній освітленості 3200 лк [12].

Недоліком електролюмінесцентних індикаторів, який визначає строк їх служби, є зниження з часом яскравості світіння [2]. Під строком служби індикаторів звичайно розуміють час їх роботи при певних режимах збудження, протягом якого яскравість індикаторів не спадає нижче від установ-

леного рівня (для ПВ АСУ кінцеве значення яскравості має становити 30% початкового). Спад яскравості індикаторів відбувається через старіння (псування) електролюмінофора. У деяких випадках можна компенсувати це явище, тобто відновити яскравість до вихідного рівня, збільшуючи напругу живлення (режим сталої яскравості). Тоді строк служби індикаторів визначатиметься часом, протягом якого яскравість лишається сталою. У цьому випадку основними причинами, що обмежують строк служби індикаторів, можуть бути: виникнення електричного пробою при підвищенні збуджуючої напруги до критичного значення; настання режиму насичення, коли збільшення збуджуючої напруги більше не спричиняє зміни яскравості; конструктивні особливості апаратури, наприклад неможливість з якихось причин змінювати величину живильної напруги в потрібних межах.

Отже, строк служби ЕЛІ залежить від величини, форми і частоти живильної напруги. Але найбільшою (квадратичною) є залежність строку служби від частоти. Строк служби виготовлюваних промисловістю індикаторів при збудженні їх напругою в діапазоні частот 400–10000 гц становить 100–3000 год. Слід зазначити, що поступова зміна яскравості в часі дає змогу провадити планові заміни ЕЛІ. Це зменшує ймовірність їх повного виходу з ладу під час роботи. Проте можливі й раптові відкази, особливо в умовах високої вологості.

Як електричний пристрій ЕЛІ являє собою конденсатор (рис.15), однією з обкладок якого є прозорий провідний шар 2, а другою – металевий електрод 4. Потужність, яку споживає ЕЛІ, залежить від його площі. Експериментально встановлено, що при напрузі 220 в і частоті 400 гц вона становить близько 30 мвт на 1 $см^2$ світної поверхні.

Технологія виготовлення порошкових ЕЛІ весь час удос-

конаються в напрямі зниження живильної напруги і збільшення довговічності індикаторів. На першому етапі зниження живильної напруги до 110–115 в добивалися, зменшуючи товщину робочого шару. Проте використання люмінофорів, які випускаються серійно, і сполучного лаку ЭП-96 не дало змоги дістати ЕЛІ з яскравістю світіння більш як 20 нт при дворазовому запасі електричної міцності. Збільшувати ж яскравість світіння шляхом дальшого зменшення товщини шарів було неможливо через різке зниження електричної міцності. Застосування сполучного лаку ВС-530 дало змогу збільшити початкові яскравості і запас електричної міцності. Так, при напрузі збудження 110 в і частоті 1200 гц одержано початкові яскравості 75–85 нт, а при напрузі 115 в і частоті 400 гц – 60–70 нт. Ці дані свідчать про реальну можливість впровадження розроблених виробів у серійне виробництво.

Найефективнішим методом підвищення довговічності серійних ЕЛІ є застосування в них електролюмінофорів підвищеної стабільності. Однак такі електролюмінофори мають меншу яскравість світіння. Щоб позбутися цього недоліку, використовують як сполучну речовину діелектрики з високою діелектричною сталою. Вже розроблено і впроваджено в серійне виробництво стабільний електролюмінофор із зеленим кольором світіння марки ЭЛ-514, який у поєднанні з лаком ВС-530 дає змогу підвищити довговічність ЕЛІ [17]. Вибір оптимальної технології виготовлення робочого шару визначається вимогами до вихідних характеристик ЕЛІ: яскравістю світіння не менш як 30 нт в режимі збудження 220 в, 400 гц і електричною міцністю не менш як 500 в. Як показали дослідження, ЕЛІ, в яких застосовано електролюмінофор ЭЛ-514, протягом усього періоду випробувань були стабільнішими від тих, що випускаються серійно. Залишкова яскра-

вість світіння ЕЛІ з електролюмінофором ЗЛ-514 після 1000 год роботи становить 65% від початкової, а у серійних ЕЛІ-30%. Здобутий ефект дає можливість збільшити строк служби стабільних ЕЛІ приблизно в 4-5 разів, тобто до 5000 год. Основні характеристики ЕЛІ наведено в додатку І (див. табл. Д2, Д3).

Тонкоплівкові електролюмінесцентні індикатори розробляють на основі сублімованих електролюмінесцентних шарів, які відрізняються від порошкових малою товщиною, а значить, нижчими робочими напругами. Спектральні ж характеристики тонкоплівкових і порошкових ЕЛІ подібні. Тепер одержано однорідні електролюмінесцентні плівки завтовшки від кількох десятих мікрона до 5-10 мкм. Роль другого (металевого) електрода в плівкових ЕЛІ звичайно відіграє розпилений у вакуумі шар алюмінію. Щоб збільшити електричну міцність і виключити можливість замикань електродів, між електролюмінесцентним шаром і другим електродом наносять тонкий прошарок діелектрика.

Як і у порошкових електролюмінофорів, серед сульфідів найбільшу яскравість світіння мають плівки, виготовлені на основі сульфіду цинку. Залежно від типу і кількості введених у сульфід цинку активаторів можна дістати електролюмінесцентні плівки з різним кольором світіння. Вже розроблено лабораторні зразки таких індикаторів. Позитивною якістю плівкових ЕЛІ є те, що для них потрібні менші збуджуючі напруги при тих самих яскравостях світіння. Крім того, деякі плівкові ЕЛІ можуть збуджуватись сталою напругою.

Інжекційні електролюмінесцентні індикатори (діоди) розробляються на основі арсеніду і фосфіду галію, а також карбіду

кремнію [10,25,27] і є точковими індикаторами. Процеси, що зумовлюють випромінювання, цілком зв"язані з електронними процесами, які відбуваються в об"ємі кристала. Структуру таких ЕЛІ, виготовлених з карбіду кремнію, показано на рис.16. Основою ЕЛІ є пластина з карбіду кремнію SiC, яка складається з n-ділянки 1 і р-ділянки 2.

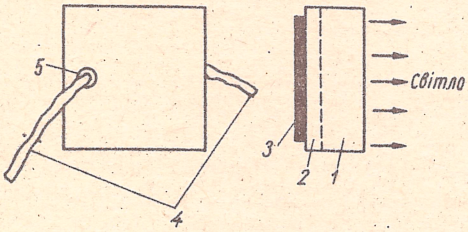


Рис.16. Інжекційний ЕЛІ.

До n-ділянки на краю пластини приварюють невеликий контакт 5 із сплаву золота з танталом. Контакт 3 виготовляють способом вплікання срібної пасти. Потім термокомпресійним методом прикріплюють провідники 4. При підведенні до контактів сталої напруги порядку одиниць вольтів у кристалі внаслідок ін"єкції носіїв струму виникає електролюмінесценція. Світіння спостерігається через прозору n-ділянку кристала.

Тепер розроблено тільки мозаїчні індикатори такого типу. Конструктивно вони оформлюються у вигляді модулів на 3-5 знаків. Знак відтворюється матрицею з 35 діодів (5х7). Висота знака 6 мм, відстань між знаками 8,5 мм. Яскравість світіння досягає десятків нітів. Напруга збудження світіння 1,6 в, потужність 8 мвт на один діод, світіння червоне.

Особливостями цих індикаторів є електрична сумісність з інтегральними схемами, низькі робочі напруги і великий строк служби (близько 10 тис. год).

З розглянутих електролюмінесцентних індикаторів у ПВ АСУ тепер практично використовують лише порошкові, оскільки тонкоплівкові та інжекційні ЕЛІ поряд з багатьма позитивними якостями мають істотні недоліки. Зокрема, строк служби тонкоплівкових ЕЛІ становить лише кілька десятків годин; інжекційні джерела дуже дорогі, мають малу площу світної поверхні (кілька квадратних міліметрів) і обмежений спектр випромінювання світлового потоку, а також погану відтворюваність параметрів від зразка до зразка.

Р о з ж а р н і (т е п л о в і) і н д и к а т о р и. В основу їх роботи покладено здатність багатьох матеріалів випромінювати світло при нагріванні. Ці індикатори є точковими елементами. Тут доцільно використовувати тільки малогабаритні, малопотужні лампи розжарювання, основні параметри яких наведено в додатку 1 (див.табл.ДЗ).

Строк служби ламп розжарювання можна збільшити порівняно з табличними даними, зменшуючи напругу, яка до них підводиться; в цьому випадку при невеликій втраті яскравості дістаємо збільшення середнього часу між відказами від 400 до 800%. У процесі використання лампи можливе деяке почорніння її скляного балона, однак потьмяніння ламп настільке мале, що ним можна знехтувати. Отже, яскравість рівномірна по всій поверхні індикатора і фактично залишається сталою протягом усього строку служби. Проте, якщо з метою подовження цього строку знижувати напругу, яка підводиться до лампи, то світловий потік зміститься до червоної ділянки спектра і синього кольору в ньому вже не буде.

Слід брати до уваги недоліки розжарних індикаторів. Для відтворення кількох рівнів яскравості лампи розжарю-

вання непридатні внаслідок колірного зсуву, який супроводиться зміною яскравості. Крім того, вони виходять з ладу раптово, що робить неможливим планове технічне обслуговування. Нарешті, розжарні індикатори є точковими джерелами світла, що в деяких випадках небажано, і через теплову інерцію повільно реагують на зміни струму. Для відтворення кольору різного спектрального складу використовують фільтри. В деяких випадках фільтруюче покриття наносять безпосередньо на балон лампи, але для полегшення теплового режиму її роботи рекомендується використовувати окремі фільтри.

На базі ламп розжарювання розроблено велику кількість цифрових і знакових індикаторів. Розжарні трафаретні індикатори бувають трьох типів: з безпосереднім підсвічуванням трафаретів, проекційні та з використанням світлопроводів [7,8].

Найпростіший трафаретний індикатор з безпосереднім підсвічуванням являє собою лампу розжарювання, закриту трафаретом. Недолік трафаретних індикаторів цього типу - мала інформативність (один знак на індикатор). Уникнути цього можна, використовуючи в одному індикаторі кілька незалежних джерел світла і трафаретів, але при цьому, по-перше, збільшується в кілька разів площа індикаторного поля і, по-друге, утруднюється зчитування знаків, бо вони відтворюються на різних ділянках поля. Завдяки простоті реалізації і у зв"язку із специфікою індицируваних знаків такі індикатори широко застосовуються для побудови мнемонічних панелей (екран для відображення геометричних фігур і схематичних рисунків).

Проекційні трафаретні індикатори побудовані за принципом проектування маленького освітленого знака через збільшувану оптичну систему на матове скло. Оскільки всі світ-

лові потоки спрямовані в одну точку, знак проектується в центрі матового екрана. Індикатори цього типу дають високу якість зображень і забезпечують можливість індикації на одному полі різних знаків. Завдяки цьому їх можна використовувати для побудови знакових і цифрових екранів табло.

Недоліками проекційних індикаторів є: складність оптичної системи; висока вартість і великий показник відношення об"єму індикатора до висоти знака (чим більший знак, тим більший цей показник); спотворення форми знака оптичною системою внаслідок теплових впливів; обмежена яскравість світіння знака через чутливість індикатора до тепла, що його виділяють джерела світла.

Розроблено також трафаретні індикатори на світлопроводах. У найпростіших з них як світлопроводи використовуються пакети тонких пластин (1–1,5 мм) з прозорого органічного скла. На кожній пластині вигравірувано знак, який при освітленні торця пластини відбивається на індикаторному полі. Однак у цих індикаторах верхній світлопровід закриває нижній, тому нижні знаки відтворюються і сприймаються трохи гірше, ніж верхні. Використовують їх в основному у цифрових приладах. Візуальні індикатори із складнішими світлопроводами будуються на елементах волоконної оптики.

Оптична система таких індикаторів являє собою невеликий відрізок світлопроводу, один торець якого відшліфований і освітлюється лампочкою, а другий має в перерізі форму необхідного знака (букви, цифри), утворену шляхом відповідного укладання ниток. В індикаторі десять таких світлопроводів з цифрами від 0 до 9 укладають знаковими торцями разом, склеюють і шліфують. Потрібна цифра світиться, коли на другому кінці світлопроводу засвічується її лампочка. Надавши скляним ниткам конічної форми, можна

дістати також збільшення або зменшення розмірів цифр. Основним недоліком цих індикаторів є порівняно велика складність їх виготовлення і відповідно висока вартість.

Г а з о р о з р я д н і і н д и к а т о р и. В основу роботи цих індикаторів покладено явище світіння газу, через який пропускають електричний струм. Ці пристрої також є точковими джерелами світла. Їх особливості такі: мала величина споживаної потужності, відносно мала інерційність, простота конструкції. Газорозрядні індикатори бувають трафаретні та мозаїчні.

До газорозрядних трафаретних індикаторів входять різноманітні прилади – від простих неонових ламп до складних за конструкцією, керуванням і принципом індикаторних тиратронів тліючого розряду. Ознакою індикації в цих приладах є наявність або відсутність світлового поля. Такі індикатори широко застосовуються для визначення функціонального стану апаратури, схем і окремих кіл, а також для підсвічування транспарантів. Неонові лампи – це діоди з різною формою електродів. Прилади наповнюються чистими інертними газами та їх сумішами, світіння яких лежить в основному у червоній ділянці спектра. Вкриваючи внутрішню поверхню колб різними люмінофорами, одержують сигнальні неонові лампи з різним кольором світіння. Газовий розряд у цьому випадку є збуджуючим агентом люмінофора.

Індикаторні тиратрони тліючого розряду за конструкцією складніші від неонових ламп. Найширше застосовуються як індикатори прилади МТХ-90 і ТХ-16Б. Індикація в них здійснюється з торця колби. Колір світіння в обох тиратронах червоний. Тиратрон МТХ-90 має тріодну конструкцію. Амплітуда керуючих напруг не менша від 25 в. Діаметр колби 12 мм. Для керування тиратроном ТХ-16Б застосовуються малі постійні й імпульсні сигнали (до 5 в). Завдяки наяв-

ності двох сіток він може виконувати логічну операцію "І". Діаметр колби 7,2 мм. В останні роки створено нові типи індикаторних тиратронів із зеленим кольором світіння, що залежить від застосовуваного люмінофора. До цієї ж групи приладів належить і розроблений в останні роки індикатор з перенесенням розряду типу ИН-6, керований напругою 6 в. Коли сигналу немає, розряд горить на допоміжному катоді, закритому від оператора анодом-екраном, а коли надходить сигнал, розряд переноситься на індикаторний катод. В куполі колбочки є лінза, через яку можна спостерігати світіння на катоді.

Відомі також трафаретні знакові індикатори пакетного типу, в яких окремі катоди, що мають форму відповідного знака, складаються в пакет послідовно, один за одним. Світіння вибраного катода повторює його форму, що дає змогу відтворити той або інший символ. Катоди-знаки з усіх боків оточені анодом-екраном, який з боку спостереження має вигляд сітчастого полотна. Залежно від розташування пакетів знакові індикатори можуть мати бічну і торцеву індикацію. Колби приладів круглі або прямокутні. Напруга джерела живлення повинна бути не меншою від 200 в. Недоліком індикаторів пакетної конструкції є малий кут огляду (60-70°), складність конструкції, що перешкоджає автоматизації виробництва, велика кількість виводів, обмежене число висвічуваних символів [28]. Останнім часом з"явились повідомлення про створення блокових багаторозрядних цифрових індикаторів, які дають можливість зменшити габаритні розміри і вартість пристрою відображення.

Принцип дії аналогового трафаретного індикатора грунтується на тому, що в нормальному тліючому розряді світна площа катода залежить лінійно від сили струму, який протікає через прилад. Аналогові індикатори тліючого розряду

вигідно відрізняються від стрілкових приладів яскравою світловою індикацією, високими механічними властивостями, здатністю працювати в будь-якому робочому положенні, малою вагою і габаритами, практично цілковитою відсутністю інерційності, наочністю і зручністю подання результатів. Яскрава світлова індикація набагато полегшує працю операторів , даючи можливість при одночасному спостереженні за роботою ідентичних систем порівнювати ступені засвічування індикаторів. Крім свого основного призначення - індикації різних величин на приладових дошках, аналогові індикатори можна з успіхом використати для побудови плоских екранів у різних аналізаторах.

Газорозрядні мозаїчні індикатори бувають сегментного і точкового типів. Відомі сегментні індикатори [9], з розміром цифр 19,32,45,65 мм. Вони мають оранжево-червоне світіння яскравістю 550 нт. У мозаїчних точкових індикаторах цифри і знаки формуються з окремих точкових індикаторів. Для цього можна використати індикатори серій МН і ТН (ТН-0,2; ТН-0,3; ТН-0,9; МН-11; МН-7; МН-3; МН-4), які відрізняються один від одного електричними світловими характеристиками, габаритними розмірами, положенням і формою електродів. Основні характеристики газорозрядних індикаторів наведено в додатку № 1 (див. табл. Д4).

Останнім часом на базі мініатюрних газорозрядних індикаторів створено монолітні екрани невеликих розмірів [14]. Такий екран (рис.17) може відображати до 18 знаків, причому кожен знак відтворюється мозаїкою у вигляді матриці 5х7. Екран являє собою лист діелектрика (слюди) 1 з отворами діаметром 0,9 мм, розташованими з кроком 1,5 мм. Цей лист поміщений між двома паралельними листами скла 3 і 6. Анодні провідники (аноди) 2 і 5 проходять проти торців циліндричних отворів з обох боків листа діелектрика, а катоди 4 розміщені між системою задніх анодних провід-

ників і ізоляційним листом діелектрика з матрицею отворів. Провідники виводяться з панелі по її краях через герметичний спай скла з металом.

Герметизований об"єм заповнюється сумішшю газів, основним з яких є неон. Кожен отвір у листі разом з анодами і катодом утворює невелику газорозрядну комірку. Відображення знаків здійснюється координатною вибіркою відповідних анодів і катодів.

Залежно від наявності вбудованої пам"яті розрізняють моностабільні і бістабільні екрани. Моностабільний матричний еркан працює від постійного струму і не має струмообмежуючих елементів у комірках. У бістабільному матричному

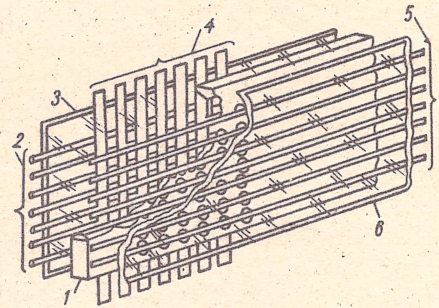


Рис.17. Матричний газорозрядний індикатор.

екрані, що живиться змінним струмом, функцію таких елементів виконує ємність між зовнішнім електродом і газовим наповненням. Роздільна здатність від 2 до 20 ліній/мм.

Газорозрядні індикатори мають дуже цікаве поєднання властивостей, якого нема у інших активних індикаторів: вони здатні індицирувати свій стан і запам"ятовувати прийнятий сигнал. Перша з цих властивостей зумовлена тим, що

газ, який наповнює колбу індикатора, досить яскраво світиться під впливом розряду. Проте випромінювання світлового потоку в газорозрядних індикаторах відбувається не рівномірно в усі боки, а з "провалами" і "піками", що погіршує їх світлотехнічні характеристики.

8. Пасивні індикатори

Для ПВ АСУ розроблено електромеханічні, електрохімічні і магнітооптичні пасивні індикатори. Розгляньмо будову і деякі характеристики цих приладів.

Електромеханічні індикатори. На рис.18 наведено схему такого індикатора [39], яка включає світлопровід 1, постійний магніт 3 у вигляді двоплечого важеля, електромагніт 4 на півкільці з фериту, який має велику залишкову магнітну індукцію, та світлонепроникну шторку 2. Робота елемента грунтується на модулюванні світлового потоку від стороннього (спільного для багатьох індикаторів) джерела світла. Запам"ятовування зображень відбувається завдяки використанню двох стійких магнітних станів феритового півкільця, яке перемагнічується під впливом керуючих імпульсів, і одного магнітного стану постійного магніту. Подаючи на обмотку керування w різнополярні імпульси $I_к$, можна модулювати світловий потік. За цим принципом розроблено кілька конструкцій приладів. Наприклад, індикатор, у якого важіль керує не шторкою, а положенням пофарбованого у який-небудь колір покажчика, або такий пристрій, в якому модулювання світлового потоку здійснює обертовий диск із світлофільтрами.

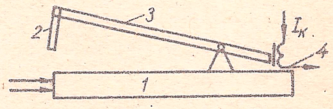


Рис.18. Електромеханічний комірковий індикатор.

Для керування станами індикатора використовуються короткі імпульси $\tau_i \leq 6$ мксек, що перемагнічують феритове півкільце. Однак перемикання модулюючого елемента внаслідок інерції відбувається з великою затримкою, яка в 10^3–10^4 разів перевищує тривалість сигналів керування. Потужність, яку споживають кола керування, обчислюється одиницями міліват. Тепер розроблено такі індикатори мозаїчного і трафаретного типів. Конфігурація знаків визначається формою світлопроводу.

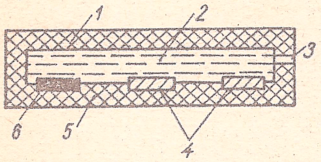


Рис.19. Електрохімічний комірковий індикатор.

Електрохімічний індикатор (ЕХІ) (рис.19) являє собою кювету 1 з прозорого матеріалу, заповнену спеціальним електролітом 2. Задня стінка кювети 5 є індикаторним полем, на якому розміщені індикаторні 4 і спільний 6 електроди. Всі вони мають електричні виводи для приєднання до схеми керування. У верхній частині кювети є отвір 3 з клапаном для заливання електроліту при виготовленні і для виходу газів при можливих електричних перевантаженнях під час роботи [41].

Принцип роботи ЕХІ грунтується на використанні фізико-хімічних процесів в оксидних плівках завтовшки 3–5 мкм, що утворюються на поверхні деяких вентильних матеріалів (наприклад, ніобію, титану) при протіканні через них постійного струму в спеціальних електролітах. Візуальна індикація в ЕХІ здійснюється зміною забарвлення індикаторних елементів під впливом керуючого імпульсу струму. Видиме в дифузно відбитому світлі забарвлення елемента змінюється від світло-сірого до чорного в прямій залежності

від величини пропущеного струму. Якість індикації ЕХІ можна оцінити такими параметрами: коефіцієнтом дифузного відбиття ρ, яскравістю індикації В, контрастом зображення К, оптичною густиною елемента зображення D.

Коефіцієнт дифузного (розсіяного) відбиття можна визначити з виразу

$$\rho = \frac{F_\rho}{F_0},$$

де F_0 – величина падаючого світлового потоку; F_ρ – величина розсіяного світлового потоку.

Якщо відомі освітленість Е індикаторного елемента, яка протягом певного відрізка часу лишається сталою, і величина ρ, то яскравість індикації

$$B = \frac{E}{10^4} \cdot \frac{\rho}{\pi}.$$

Отже, яскравість індикації електрохімічних індикаторних елементів збільшується із збільшенням освітленості Е, що забезпечує ефективну роботу ЕЛІ при великих рівнях зовнішнього засвічування.

Контраст зображення ЕХІ

$$K = \frac{\rho_\varphi}{\rho} = \frac{B_\varphi}{B},$$

де B_φ, B і ρ_φ, ρ – відповідно яскравості і коефіцієнти відбиття фону та елемента індикації.

Для безпомилкової роботи ЕХІ необхідно, щоб коефіцієнт дифузного відбиття елемента індикації при відсутності інформації ρ' дорівнював коефіцієнтові дифузного відбиття навколишнього фону, тобто $\rho_\varphi - \rho' < K'$, де K' – поріг контрастної чутливості зору. Стійка індикація ЕХІ буде забез-

печена тільки при виконанні умови $\rho' - \rho \gg K$.

Основною одиницею виміру ступеня почорніння ЕХІ є оптична густина

$$D = lg \frac{I}{\rho} .$$

У свою чергу D визначається величиною нагромадженого ЕХІ заряду $Q = \int_0^{\tau} i(\tau)\, d\tau$, де $i(\tau)$ – значення струму, який пройшов через ЕХІ, а; τ – тривалість імпульсу струму, сек. При сталих значеннях $i(\tau)$ і τ дістанемо: $Q = I\tau$. Для порівняння різних ЕХІ використовують відношення величини заряду до одиниці площі: $q = \frac{Q}{S}$, де S – площа індикаторного шару, $см^2$.

Особливістю ЕХІ є наявність візуальної і електричної пам"яті, що визначаються часом спаду величин оптичної густини і нагромадженого заряду до певного значення. Крім того, в ЕХІ можна дістати, так само, як і в ЕЛІ, будь-які знаки і символи, використовуючи конфігурацію електродів.

Отже, залежність оптичної густини від інших величин дає змогу визначити основні експлуатаційні характеристики ЕХІ. Наприклад, залежність ρ від величини нагромадженого заряду визначає параметри керуючих імпульсів. Швидкість перебігу процесів в ЕХІ (швидкість запису інформації) залежить від тривалості імпульсів прямої полярності (імпульсів запису), що також зв"язане із значенням ρ . Час запам"ятовування станів ЕХІ визначається швидкістю перебігу оборотної хімічної реакції і теж залежить від оптичної густини. Залежність величини ρ від тривалості імпульсів зворотної полярності (імпульсів списування) визначає швидкість перебігу процесів (швидкість списування інформації) в ЕХІ. У додатку І наведено основні характеристики розроблених ЕХІ.

Магнітооптичний індикатор являє собою твердотільну схему, що грунтується на використанні магнітних властивостей деяких тонкоплівкових матеріалів, у яких при накладанні магнітного поля з"являються "стрічкові" домени, що зникають після зняття поля. Коли на таку магнітну плівку нанести колоїдну суспензію відповідної речовини, наприклад магнетиту, то стрічки доменів зорієнтують частинки суспензії так, що ті в свою чергу утворять дифракційні гратки. Якщо при цьому індикатор освітити зовнішнім джерелом світла, то зорієнтовані елементи відбиватимуть світло, а незорієнтовані залишаться темними. Час комутації в таких індикаторах близько 10 мксек, яскравість індикації 30 нт, контрастність 70:1.

Крім розглянутих характеристик, при виборі індикаторів для ІВ АСУ треба брати до уваги ще ряд параметрів, а саме: розмір знаків, площу панелі індикатора, довжину індикатора, його вартість.

Розділ IУ
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ВУЗЛІВ КЕРУВАННЯ ЕКРАНОМ КОМІРКОВОГО ТИПУ

9. Вузол керування із статичною пам"яттю

Такі вузли застосовуються в ПВ АСУ в основному для керування індикаторами без пам"яті (електролюмінесцентними, розжарними). При надходженні одиночних імпульсів керування вони формують напруги живлення індикаторів на час відображення інформації.

Вузол керування, функціональну схему якого наведено на рис.20, містить елементи пам"яті та збудження світіння індикаторів (ЕПЗ), рядкові ключі (РК) і координатні формувачі (КФ). Комірки індикації позначено на рис.20 буквами КІ. Елементи пам"яті і збудження запам"ятовують інформацію і, крім того, формують (комутують) напруги, які збуджують світіння індикаторів екрана. Вони мають два стійких стани типу "КІ ввімкнена" і "КІ вимкнена". Елементи КФ формують сигнали керування ЕПЗ, а рядкові ключі здійснюють модулювання цих сигналів.

У вихідному стані сигналів керування на вході вузла немає, координатні формувачі не працюють, рядкові ключі закриті. Інформації на екрані немає, бо ЕПЗ перебувають у нульовому стані і з їхніх виходів на входи КІ напруга збудження не надходить. Для запису інформації в будь-який рядок з вузла розподілу ВР на відповідний РК надходить керуючий імпульс тривалістю τ_i, відкриває рядковий ключ і тоді струм керування надходить від КФ на ЕПЗ. Очевидно, що при збудженні будь-якого з адресних кіл всі інші шляхи протікання струму у вузлі керування будуть розімкнені.

Одночасно на КФ з вузла дешифрування подається позиційний код інформаційних сигналів тривалістю τ_c , під впливом яких відповідні ЕПЗ переводяться у стан "І" до приходу наступних керуючих сигналів. ЕПЗ формують напругу збудження коміркових індикаторів $U_з$. Таким чином у вибраному рядку відповідно до інформаційного коду відбувається збудження КІ. Щоб робота ЕПЗ була більш стійкою,

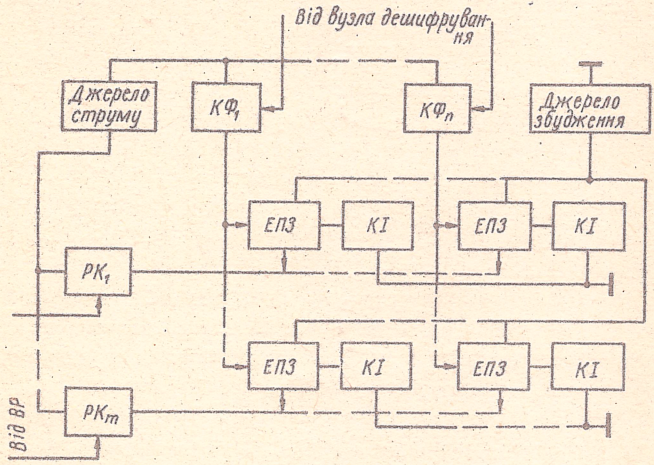


Рис.20. Функціональна схема вузла керування із статичною пам"яттю.

одиночні імпульси керування КФ повинні бути тривалішими від імпульсів керування РК, тобто $\tau_c > \tau_i$. Мінімальне значення τ_c визначають з умови стійкого керування ЕПЗ за час діяння імпульсу. Оскільки індикатори екрана збуджуються безперервними сигналами і мають незалежні кола живлення,

то вдається дістати на екрані зображення з оптимальними світлотехнічними характеристиками.

Виведення інформації на екран може бути знаковим або рядковим. При знаковому відображенні за кожен такт надходження інформації від джерела на екрані відображається тільки один знак. У цьому випадку при кожному такті вибирається номер рядка, потім за вибраною адресою висвітлюється знак, код якого надходить від вузла дешифрування. Час відображення повідомлень на екрані дорівнює $t_1 = n_n m t_з$, де $t_з$ – час запису одного знака.

При рядковому відображенні на екрані може одночасно відображатися стільки знаків, скільки є знакомісць у рядку (тобто все повідомлення одразу). У цьому випадку час відображення повідомлень на екрані $t_2 = m t_р$, де $t_р$ – час запису інформації в один рядок.

Можливий і третій варіант, коли в рядку одночасно відображається кілька знаків. При будь-якому способі відображення на екрані з довільним розподілом коди повідомлень повинні складатися з двох частин: адресної частини, яка вказує місце відображення, та інформаційної частини, що складається з коду знаків, які підлягають відображенню.

Основу вузла керування цього типу становлять ЕПЗ, кількість яких визначається кількістю комірок індикації КІ в екрані (під коміркою мається на увазі один елемент мозаїки). Наприклад, якщо використовуються восьмисегментні індикатори і треба відобразити одночасно шістдесят 24-розрядних слів, вузол керування повинен містити 11520 ЕПЗ. Отже, ефективність роботи і економічність вузла керування багато в чому залежатиме від того, наскільки повно ЕПЗ задовольняють загальнотехнічні вимоги, а також вимоги, що визначаються характеристиками коміркових індикаторів і джерел інформації, з якими ПВ спрягається.

Загальнотехнічні вимоги аналогічні тим, що ставляться до елементів комутації електронно-обчислювальних машин і пристроїв автоматики. ЕПЗ повинні бути високонадійними і довговічними, недорогими, споживати невелику потужність, стійко працювати в широкому діапазоні температур, бути завадостійкими і т.д. Швидкодія ЕПЗ, що визначається як сума часу переходу комутації елемента із стану "0" в стан "1" $T_{к_1}$ і часу відновлення елемента у вихідний стан $T_{к_2}$, значною мірою визначає можливість часового узгодження ПВ з джерелом інформації, наприклад ЕОМ. Тому чисельне значення швидкодії повинно бути на рівні 10^{-5}сек.

При використанні більш "повільних" елементів треба вводити до ПВ спеціальний проміжний нагромаджувач.

Важливим параметром є також швидкодія ЕПЗ по виходу, тобто інерційність установлення стаціонарного режиму світіння зображення. Розглядають інерційність наростання і спаду яскравості зображення. Оскільки приймачем інформації в даному разі буде людське око, власна інерційність якого лежить у межах 0,01-0,2 сек [20], то величина швидкодії по виходу для системи ЕПЗ-КІ не повинна перевищувати верхньої межі цього діапазону як для наростання, так і для спаду яскравості зображення.

Основні специфічні вимоги до елементів визначаються характеристиками КІ (див.розд.Ш): параметрами сигналів керування (амплітуда, частота, форма); електричними параметрами (активний і реактивний опір); часовими параметрами. Аналізуючи характеристики КІ, можна бачити, що найжорсткіші вимоги до елементів керування ставлять ЕЛІ. Це пов"язано з необхідністю формування змінної напруги збудження великої амплітуди і з тим, що ЕЛІ не запам"ятовують інформації. Тому на відміну від розжарних КІ, в яких можна використовувати готові транзисторні схеми, що зас-

тосовуються в пристроях автоматики, для ЕЛІ розробляють спеціальні елементи керування. На рис.21 подано класифікацію ЕПЗ ЕЛІ.

Існуючі ЕПЗ ЕЛІ за способом формування напруги збудження можна поділити на елементи генераторного і ключового типів. Перші живлять ЕЛІ напругою власних коливань, другі – напругою від стороннього джерела.

За способом комутації напруги збудження елементи ключового типу бувають контактними і безконтактними. У перших пристроях відображення для керування ЕЛІ широко використовувались елементи контактного типу (реле РЭС-9, РЭС-10, РЭС-15). У реле кола керування і кола комутації електрично не зв"язані між собою і, крім того, опір контактів у замкненому стані у них практично дорівнює нулю, в розімкненому стані – нескінченності, що є їх істотною перевагою. Проте вони мають ряд недоліків: потребують порівняно потужного і тривалого керуючого сигналу, мають обмежене число спрацьовувань. Це утруднює спряження таких елементів з джерелами інформації, які звичайно видають короткі і малопотужні сигнали керування.

Останнім часом набули великого поширення реле на герконах. Герметизовані магнітокеровані контакти з феромагнітними пружинами – геркони-характеризуються значно вищою, ніж у звичайних реле, кількістю спрацьовувань (10^6-10^8). Швидкодія реле на герконах принаймні на порядок вища, ніж у електромагнітних реле. Комутаційна здатність герконів досягає 50 ма. Цього досить для керування практично будь-якими індикаторами. Чутливість реле на герконах вища, ніж у електромагнітних (струм спрацьовування порядку 10 ма). Можна створити багатоконтактні реле на герконах. Використання таких реле для керування цифровими індикаторами дасть змогу істотно зменшити кількість апаратури.

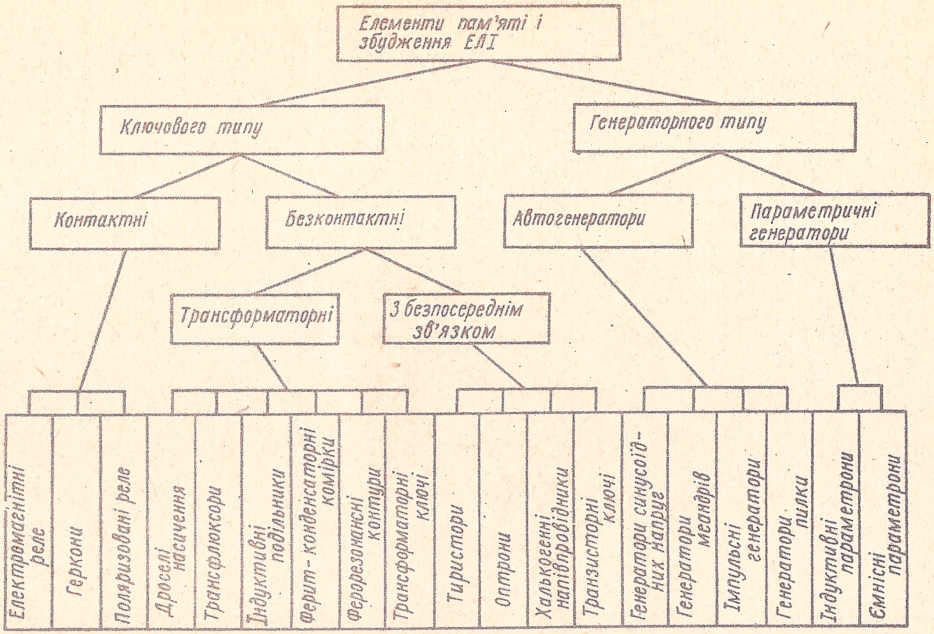


Рис.21. Класифікація ЕПЗ ЕЦІ.

Особливо перспективними є ключові ЕПЗ на феридах - вид реле на герконах із застосуванням феромагнітних матеріалів, що мають прямокутну петлю гістерезису. Цими реле керує змінний магніт, який являє собою стержень або смужку з фериту із прямокутною петлею гістерезису. Фериди можуть спрацьовувати від імпульсів тривалістю в кілька десятків мікросекунд, гранична величина якої визначається часом перемагнічування феромагнетика. Реле на герконах, особливо фериди, мають багато переваг перед електромагнітними реле, але великі габаритні розміри відносно невисока швидкодія звужують сферу їх застосування.

Тепер розроблено також безконтактні ЕПЗ ЕЛІ (див.додаток 2) ключового і генераторного типів. Елементи ключового типу передають на ЕЛІ напруги будь-якої форми в широкому діапазоні частот на відміну від ЕПЗ генераторного типу, що збуджують ЕЛІ власними коливаннями. Параметри цих коливань (потужність, амплітуда, частота) повинні задовольняти вимоги, що їх ставлять ЕЛІ до джерел живлення, і не залежати від навантаження (ємності ЕЛІ).

Відомо кілька типів генераторних елементів, які в основному задовольняють ці вимоги, а саме: генератори на напівпроводникових тріодах з використанням трансформаторів на феритових осердях; параметричні генератори (параметрони). Як генератори на напівпровідникових тріодах можна використовувати релаксаційні генератори, блокінг-генератори, динамічні тригери на ферит-транзисторних комірках тощо, виконані на транзисторах МП25, МП105, П42, П25, МП16. Трансформатори в цих схемах виконуються на осердях з фериту марок 2000НМ, 3000НМ, 2000НН. Зовнішній діаметр осердь становить 7-30 мм, поперечний переріз 2-50 мм^2. Первинна обмотка має кілька десятків витків, вторинна - до кількох тисяч. Принцип роботи і схеми напівпровід-

никових генераторів досить докладно розглянуто у спеціальній літературі [16].

Проте генераторні ЕПЗ на напівпровідникових тріодах не набули великого поширення, бо вони мають цілий ряд істотних недоліків, серед яких особливо виділяються: складність схеми, низька надійність і недостатня стабільність роботи, велика кількість витків обмоток і значні габаритні розміри осердь трансформаторів. Більш перспективними серед ЕПЗ цього типу слід вважати індуктивні параметричні генератори (параметрони), докладно описані у праці [2]. Перевагами описаних вузлів керування є те, що нагромаджену ними інформацію можна використати не тільки для відображення, а й для дальшої обробки в ЕОМ, ці вузли можна використовувати як запам"ятовуючі пристрої (ЗП) ЕОМ.

10. Вузол керування без пам"яті

У більшості розроблюваних ПВ швидкість надходження інформації, як правило, значно перевищує можливості пристроїв, призначених для її обробки. Річ у тому, що відображенню інформації на екрані передують шукання адреси, дешифрування і запис інформації у вузол керування на відповідні ЕПЗ, які спрацьовують повільніше від усіх інших елементів. Тому для часового узгодження ПВ і ЕОМ у пристрій спряження (ПС) вводять буферний нагромаджувач, який немовби дублює нагромаджувач вузла керування.

Для ПВ, що мають такий пристрій, останнім часом запропоновано використовувати вузли керування без пам"яті [31,32], що забезпечують роботу КІ в динамічному режимі. Це значно зменшує кількість елементів керування індикаторами і скорочує загальний обсяг апаратури. Крім того, в багатьох випадках доцільно вводити нагромаджувач у ПС спеціально для реалізації динамічного режиму збудження КІ.

При динамічному збудженні, так само,як і при статичному, знаковий екран складається з великої кількості КІ, об"єднаних у матрицю, але при цьому у вузлі керування немає

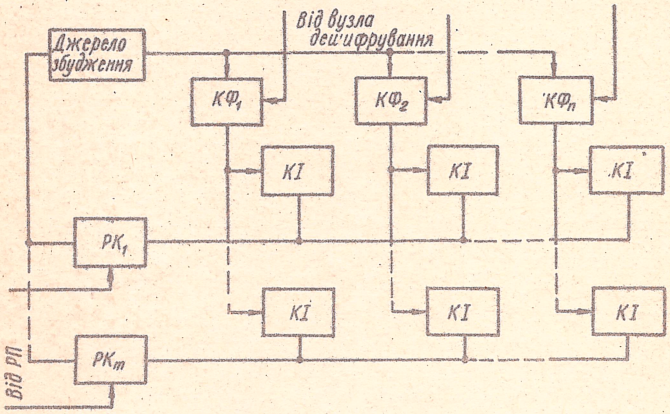


Рис.22. Функціональна схема вузла керування без пам"яті.

ЕПЗ (рис.22). Напруга збудження на КІ подається від стороннього джерела через КФ відповідно до інформаційного коду, при цьому збуджуються тільки індикатори, розташовані в місцях перетину вибраних рядків і колонок. Поділ індикаторів у матриці звичайно здійснюється з допомогою нелінійних елементів, які вмикаються послідовно з індикаторами. У найпростіших випадках як такі елементи використовуються напівпровідникові діоди.

Зображення на екрані відтворюється при періодичному надходженні на КІ напруги збудження $U_з$ з тривалістю імпульсу $\tau_i = \frac{T}{m}$, де T – період надходження імпульсів збудження (керування) КІ; m – кількість рядків в екрані. На рис. 23,а,б,в,г наведено епюри напруги відповідно для 1,2,3 і

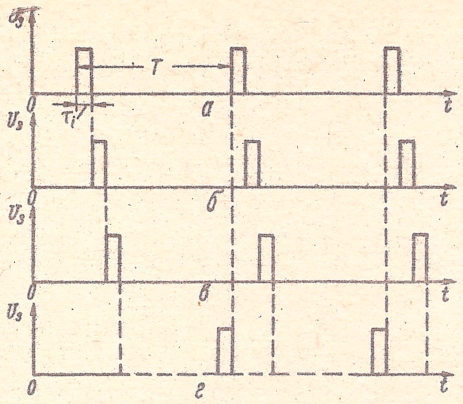


Рис.23. Порядок проходження керуючих імпульсів по рядках при динамічному збудженні КІ.

4-го рядків екрана. Час Т залежить від здатності оператора сприймати зображення, яке мигтить. Різні люди сприймають мигтіння по-різному. Крім того, тут мають значення колір зображення, його яскравість, контрастність, розміри знаків та інші фактори.

На рис.24 показано криву залежності сприйняття мигтіння від яскравості світіння індикаторів екрана. По горизонтальній осі відкладено величини яскравості В в логарифмічному масштабі, а по вертикалі - критичну частоту мигтіння $f_{кр}$. Критичною вважається та частота, при якій людське око починає сприймати мигтіння. Оскільки період надходження імпульсів збудження зв"язаний з частотою мигтіння залежністю $T \leq \frac{1}{f_{кр}}$, то при $f_{кр} \geq 20 \div 100$ гц $T \leq$ $\leq 50 \div 10$ мсек. За час Т інформація повинна бути записана в усі рядки екрана. Отже, цей час визначає тривалість розгортки кадру зображення на всьому екрані.

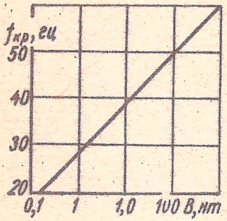


Рис.24. Залежність критичної частоти миттіння від яскравості світіння індикаторів.

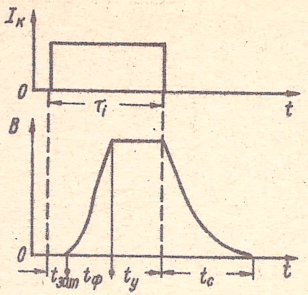


Рис.25. Узагальнена залежність яскравості від тривалості одиночного імпульсу керування.

Яскравість КІ в динамічному режимі при частоті імпульсів, меншій від критичної, підлягає законові Тальбота [10], відповідно до якого ефективна яскравість індикатора $B_{еф}$ з інтенсивністю, що періодично змінюється, дорівнює його середній яскравості за період зміни:

$$B_{еф} = \frac{1}{T}\int_0^T b(t)\,dt = \frac{1}{T}\int_0^{\tau_i} b(t)dt + \frac{1}{T}\int_{\tau_i}^{T-\tau_i} b(t)\,dt, \qquad (9)$$

де $b(t)$ – миттєва яскравість.

Залежність яскравості B від часу t для реальних індикаторів має складний характер. На рис.25 показано узагальнену криву цієї залежності $B(t)$ для різних типів індикаторів при впливі одиночного імпульсу керування $I_к$ тривалістю τ_i. Як видно з виразу (9), при імпульсному збудженні ефективну яскравість КІ екрана можна зберегти на тому самому рівні, що й при постійному. Цього досягають такими способами:

а) підвищуючи значення миттєвої яскравості КІ за рахунок збільшення амплітуди керуючого імпульсу;

б) добиваючись більшої тривалості післясвітіння індикатора порівняно з тривалістю керуючого імпульсу;

в) застосовуючи індикатори з високим рівнем середньої яскравості при статичному збудженні.

Для безінерційних індикаторів миттєва яскравість $b(t) = B_{max}$ на ділянці τ_i і $b(t) = 0$ на ділянці $T - \tau_i$, тобто

$$B_{еф} = \frac{1}{T}\int_0^{\tau_i} B_{max}\, dt = \frac{B_{max}}{Q},$$

де Q – шпаруватість імпульсів збудження.

Отже, ефективна яскравість безінерційного індикатора при динамічному збудженні обернено пропорціональна шпаруватості. Збільшення миттєвої яскравості звичайно досягають, підвищуючи амплітуду імпульсів. Проте в реальних індикаторах імпульсна потужність не може збільшуватися без кінця. Її зростання обмежується скінченним значенням величини електричної міцності ізоляції, насиченням вольт-амперної характеристики індикатора, а також тепловими процесами, що відбуваються в КІ під впливом потужних імпульсів керування.

В інерційних індикаторах усі процеси стають складнішими і важко піддаються аналізові. Експериментальні дослідження показують, що найефективнішими є ті індикатори, у яких мінімальні тривалості затримки $t_{зат}$ і фронту $t_ф$, а тривалість спаду $t_с$ максимальна. При цьому тривалість спаду не повинна бути надто великою, щоб не було накладання зображень. Для КІ цей час має становити: $t_с \leq 0{,}1$ сек.

Важливою характеристикою КІ при динамічному збудженні є максимально досяжна шпаруватість імпульсів збудження $Q_{max} = \frac{T}{\tau_i}$. Цей параметр визначає найбільшу кількість КІ

при поелементному керуванні екраном або максимальну кількість інформаційних рядків на екрані при рядковому керуванні. Вимоги до величини Q_{max} можуть бути різними для різних ПВ і визначаються необхідною кількістю КІ в екрані та прийнятим способом розкладення зображень на екрані. Залежно від перелічених факторів величина Q_{max} лежить у межах $10 \leq Q_{max} \leq 1000$. Нижня межа шпаруватості характерна для найпростіших екранів вимірювальних приладів, верхня - для екранів ПВ колективного користування, в яких кількість індикаторів досягає 10^3, за умови, що один інформаційний рядок при рядковому виведенні відповідає одному індикаторові.

Розгляньмо можливості різних КІ при динамічному режимі збудження. Найповніше цей режим реалізований у ПВ з екранами на газорозрядних КІ [23], в яких одержано потрібні яскравості зображень при $Q_{max} = 100 \div 200$, що досягається завдяки високій середній яскравості КІ цього типу, тривалому післясвітінню газового проміжку, а також збільшенню амплітуди струму керуючого імпульсу.

Для газорозрядних КІ характерна вольт-амперна характеристика з крутою початковою ділянкою до величини напруги засвічування, завдяки чому забезпечується добре розв"язання невибраних КІ без додаткових роздільових елементів при з"єднанні індикаторів у матрицю. Застосування динамічного режиму збудження газорозрядних КІ дає змогу використовувати у вузлах керування нижчі напруги, збільшити строк їх служби завдяки зменшенню середнього струму, що проходить через КІ, і знизити потужність, яку споживає індикатор.

Для розжарних індикаторів цей режим вперше було використано при розробленні плоского кольорового телевізійного екрана, складеного з 78000 мініатюрних ламп розжарювання [33]. При цьому завдяки істотному збільшенню амплітуди керуючих імпульсів було досягнуто шпаруватості близько 300

при τ_i = 100 мксек і $f_{кр}$ = 30 гц. Для ламп розжарювання з номінальною напругою 1,5-2 в амплітуда керуючих імпульсів дорівнювала 30 в. При цьому пікові струми в 10-15 разів перевищували значення струмів у стаціонарному режимі.

Розжарні індикатори дуже інерційні. Наприклад, час ввімкнення мініатюрних ламп розжарювання типу НСМ-6,3 становить 10-15 мсек, причому протягом перших 7 мсек світіння практично немає. Час вимкнення становить 8,5 мсек. При збільшенні напруги до 25 в час ввімкнення зменшується до 800 мксек, з них 400 мксек становить час затримки. Для дальшого скорочення часу затримки потрібна не більша амплітуда керуючих сигналів. Ці труднощі значно зростають при використанні потужніших ламп розжарювання.

Динамічний режим збудження широко використовується також у ПВ з екранами на інжекційних діодах [6], які мають високу швидкодію (час ввімкнення і вимкнення у них менший від 1 мксек) і є типовими безінерційними індикаторами. Збереження потрібної яскравості в цьому режимі досягають шляхом збільшення амплітуди імпульсів. Для розв"язування світлодіодів при об"єднанні їх у матрицю треба послідовно з ними вмикати діоди, бо зворотний опір і пробивна напруга цих індикаторів малі. Порівняно невелика допустима величина перевищення номінального струму при імпульсному режимі (не більш як 10) обмежує шпаруватість. Для дальшого збільшення шпаруватості слід поліпшувати світлотехнічну характеристику індикаторів та їх конструкцію.

Аналіз основних характеристик електрохімічних індикаторів показує, що вони найбільше пристосовані для динамічного керування, бо мають час ввімкнення 100 мсек, а час вимкнення до 3-5 хв. Однак, незважаючи на високі шпаруватості, ці індикатори не можна застосовувати в динамічному режимі при частій зміні інформації через накладення зобра-

жень. У цьому випадку треба перед записом нової інформації стирати попередню спеціальним сигналом.

Найважче реалізувати динамічний режим збудження в ПВ з екранами на порошкових ЕЛІ. Ці труднощі пов"язані з вимогою одержання і передачі без спотворень коротких імпульсів з фронтами порядку 1 мксек і амплітудою порядку 500–700 в, а також з необхідністю усунення значних паразитних ємностей. У літературі описано ПВ цього типу з екранами на невелику кількість рядків [31].

11. Вузол керування з динамічною пам"яттю

Використання вузлів без пам"яті та вузлів із статичною пам"яттю для керування знаковими екранами на ЕЛІ істотно ускладнює ПВ, підвищує їх вартість і знижує надійність. Незважаючи на велику кількість розроблених схем ЕПЗ, елемента керування із задовільними характеристиками поки що немає. Тому для електролюмінесцентних ПВ запропоновано використовувати вузли керування з динамічною пам"яттю, які мають інтегруючі властивості і дають змогу збільшити яскравість післясвітіння ЕЛІ:

$$B_n = \frac{1}{T}\int_{\tau_i}^{T} b(t)\,dt .$$

Для цього до складу вузла керування вводять інтегруючі елементи (за кількістю КІ екрана), які під впливом інформаційних сигналів керування $I_к$ передають на ЕЛІ напруги збудження $U_з$. У паузі між імпульсами ввімкнений стан деякий час зберігається завдяки інерційним властивостям інтегруючих елементів. Потім інтегруючий елемент вимикається і напруга з ЕЛІ знімається. На рис.26 зображено схему приєднання інтегруючого елемента (ІЕ) до однієї комірки екрана.

На рис.27 показано, що час, протягом якого ЕЛІ повністю вмикається, може бути більшим від тривалості одного імпульсу. Він може дорівнювати кільком періодам послідовності імпульсів. Параметри інтегруючого елемента і період Т добирають такі, щоб у проміжку між імпульсами напруга на ЕЛІ змінювалась незначно. Такий режим ІЕ забезпечує роботу індикатора при номінальній напрузі живлення. Як і при динамічному збудженні КІ, відношення $Q=\frac{T}{\tau_i}$ визначає шпаруватість інформаційних імпульсів. Величина Т в даному разі вже не зв"язана з частотою миготіння, бо цього явища на ЕЛІ не буде.

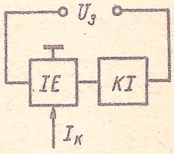


Рис.26. Схема приєднання інтегруючого елемента.

Важливими параметрами інтегруючого елемента є час його ввімкнення і вимкнення. З одного боку, ці параметри визначають максимально допустиму шпаруватість, оскільки $Q \approx \frac{t_{вимк}}{t_{ввімк}}$, а з другого,- час вимкнення не повинен бути надто великим, щоб не створювалось ефекту накладення зображень. Достатній час вимикання ІЕ становить здебільшого 0,1-0,2 сек.

Тепер відомо кілька схем інтегруючих елементів. Дуже перспективні з точки зору технології виготовлення ІЕ на сегнетокерамічних конденсаторах типу КН-841 і КП-5П [10]. Можливість використання сегнетокерамічних конденсаторів як ІЕ ЕЛІ грунтується на тому, що їх ємність, а значить, опір змінному струмові, істотно залежить від нагромадженого на обкладках заряду. Тому, наприклад, якщо ввімкнути конденсатор С у коло змінного струму послідовно з ЕЛІ (рис.28), то змінна збуджуюча напруга, яка діє на індикатор, змінюватиметься залежно від постійного керуючого потенціалу $U_к$ на сегнетокерамічному конденсаторі.

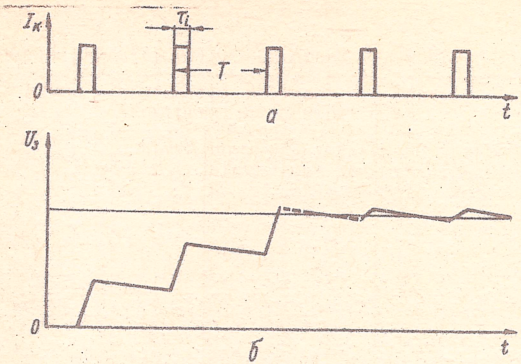


Рис.27. До пояснення роботи ЕЛІ:
а – послідовність керуючих імпульсів, які впливають на ІЕ; б – процес усталення напруги збудження на ЕЛІ.

Для запам"ятовування інформації в такій схемі використовується заряд власної ємності сегнетоелектрика, отже, час вимкнення ІЕ залежить від величини цієї ємності і опору кіл розряду. При опорі порядку 10 Мом і ємності конденсатора С = 5·10 пф $t_{вимк} = 22{,}2 \cdot 10^{-3}$ сек, якщо початкова напруга на ємності дорівнює 300 в. Час ввімкнення $t_{ввімк}$ залежить від амплітуди сигналу та сталої часу кіл заряду і становить одиниці мікросекунд. Час $t_{вимк}$ можна збільшити до кількох хвилин, але при цьому схема ІЕ набагато ускладниться, знизиться надійність його роботи і збільшаться габаритні розміри. На принципі зміни опору змінному струмові працюють також ІЕ на напівпровідникових терморезисторах [2].

Останнім часом з"явилась можливість ефективного застосування як ІЕ оптоелектронного ключа з прямим оптичним зв"язком, в якому для створення ефекту інтегрування вико-

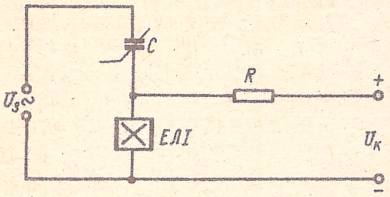


Рис.28. Схема інтегруючого елемента на сегнетокерамічному конденсаторі.

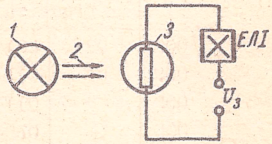


Рис.29. Схема оптоелектронного інтегруючого елемента:
1 – джерело світла; 2 – світловий потік; 3 – фоторезистор.

ристовуються особливості перехідних характеристик фоторезисторів, що мають при ввімкненні омічного навантаження малий час наростання і значний час спаду [3].

До складу такого ключа входять джерело світла і фоторезистор (рис.29). Внутрішній фотоефект виявлено у багатьох хімічних елементів, але з ряду причин практично використовуються як фоторезистори тільки кремній, германій і матеріали групи $A^{II}B^{VI}$ [35]. Найбільший інтерес викликає група матеріалів $A^{II}B^{VI}$, з яких створено найчутливіші фоторезистори і на їх основі – оптоелектронні ключі.

Коли світлового сигналу немає, фоторезистор ключа має великий темновий опір Z_m, на якому спадає більша частина прикладеної до кола напруги збудження $U_з$. При цьому ЕЛІ не світиться. Під впливом світлового сигналу опір фоторезистора зменшується, і майже вся напруга $U_з$ прикладається до ЕЛІ, спричиняючи його світіння. Для стійкої роботи схеми оптоелектронного ключа повинні виконуватись такі умови: $Z_m \gg Z_{ЕЛІ}$ і $Z_o \ll Z_{ЕЛІ}$, де $Z_{ЕЛІ}$ – повний опір ЕЛІ; Z_o – опір

Параметри оптоелектронних ключів

Тип фоторезистора	Опір ІЕ, ом		Інерційність, мсек	Міжконтактна ємність, пф
	у збудженому стані	у вимкненому стані		
Спечені таблетки на основі *CdS:Cu,Cl*	$5 \cdot 10^3$	10^{10}–10^{12}	20–50	1–5
Сублімовані плівки на основі *CdS:Cu,Cl*	10^3	10^{10}–10^{12}	10–20	1–5
Сублімовані плівки на основі *CdCl*	10^4	10^7 – 10^9	5	1–5
Поздовжні фоторезистори на основі плівок *CdS*	10^3–10^4	10^7 – 10^8	10–20	$1 \cdot 10^3$–$5 \cdot 10^3$
Поперечні фоторезистори на основі *Si:Zn*	10^2–10^4	10^5 – 10^6	5	1–5
Симетричний фоторезистор на основі *Si*	10 –10^2	10^6 – 10^8	10^{-3}	200–500

освітленого ІЕ. Крім того, мусять збігатися спектральні характеристики джерела світла і фоторезистора. Для забезпечення потрібної швидкодії необхідно також, щоб стала часу фоторезистора була мінімальною. Навантажувальна здатність оптоелектронного ключа обмежується допустимою потужністю розсіювання на фоторезисторі, яка дорівнює для більшості з них 50 мвт. Орієнтовні параметри оптоелектронних ключів з прямим оптичним зв"язком, виконаних на основі деяких фоторезисторів і малопотужних освітлювачів, що дають освітленість близько 100–200 лк, наведено в таблиці [35].

Як перетворювачі електричного сигналу у світлове випромінювання можна використовувати також інжекційні діоди, лампи розжарювання, неонові лампи і т.д. При дослідженні перехідних процесів в ІЕ, виконаних на основі з інжекційними джерелами світла, було одержано шпаруватості керуючих імпульсів порядку 10^2–10^4 для ЕЛІ з ємністю 100–1000 пф. Ще більші шпаруватості можна дістати в ІЕ з освітлювачем у вигляді мініатюрної лампочки розжарювання типу НСМ. Структурна схема вузла керування цього типу буде аналогічною схемі вузла із статичною пам"яттю, але замість ЕПЗ в ній використовуватимуться ІЕ, як простіші й економічніші.

12. Методи відтворення зображень на екрані

При розробці вузлів керування без пам"яті або з динамічною пам"яттю постає завдання регенерації (відтворення) відображуваної інформації. Тепер для його розв"язання організовано циклічний обмін між ЕОМ або проміжними нагромаджувачами ПС і вузлом керування. Проте, якщо для відтворення інформації використовують безпосередній зв"язок з ЕОМ, то виникає постійне завантаження машини, яке стає особливо помітним тоді, коли в екрані є велика кількість індикаторів, а при введенні до складу ПВ буферного нагромаджувача істотно ускладнюється його схема. У зв"язку з цим провадяться пошуки ефективніших методів регенерації, які б давали змогу обійтися без зовнішніх запам"ятовуючих пристроїв.

Розгляньмо методи, що грунтуються на властивості короткочасної пам"яті індикаторів або інтегруючих елементів. Фізичне запам"ятовування інформації ЕЛІ виявляється в специфічній дії електричного поля на електролюмінофор, що створює в ньому збуджений стан, який зберігається протя-

гом певного часу після зняття керуючого сигналу. Тому властивості "хвиль яскравості", випромінюваних електролюмінофором при збудженні періодичними сигналами, визначається не тільки параметрами сигналу, що діє в момент випромінювання, а й параметрами попереднього сигналу. Найпомітніше вплив попереднього збудження виявляється при імпульсних напругах з досить великим періодом повторення імпульсів. Наприклад, форма "хвиль яскравості" при звичайному імпульсному збудженні істотно залежить від періоду повторення імпульсів. При періодах, що забезпечують "затухання" збудження, створеного попереднім сигналом, переднього піка практично зовсім немає, в той час як при малих періодах спостерігається два світлових піки, які відповідають фронтам збуджуючого імпульсу.

Залежність амплітуди переднього піка від попереднього збудження можна розглядати як здатність люмінофора "запам"ятовувати" величину поданого на нього сигналу. Цю особливість можна використати для створення схеми регенерації інформації.

Регенерацію зображень на ЕХІ можна здійснити зчитуванням величини залишкового заряду (див.параграф 8).

Принцип дії схеми регенерації зображень на екрані з розжарними індикаторами РІ грунтується на трьох фактах. По-перше, нормальне світіння розжарних індикаторів можна підтримувати, не тільки безперервно пропускаючи через них струм, а й імпульсами струму, якщо тільки середня потужність імпульсів дорівнюватиме потужності, яка споживається при нормальному світінні. По-друге, для остигання після вимкнення струму потрібен значний час. Крім того, нагрітий індикатор має значно більший електричний опір, ніж холодний. На рис.30 зображено схему, яка ілюструє принцип регенерації в КІ на лампі розжарювання. Її основними еле-

ментами є: комутатор (К), логічна схема (ЛС) і схема порівняння (СП).

У момент приєднання РІ рядковим ключем РК до схеми регенерації через індикатор проходить невеликий струм від джерела. Величину опору R беруть таку, щоб струм, який проходить через вибрану комірку, не переводив її в збуджений стан, а величина потенціалу точки А (U_A) вказує на те, в якому стані (нагрітому чи холодному) перебуває РІ. Потенціал точки А порівнюється з опорною напругою U_0 у схемі порівняння.

Якщо в момент приєднання РІ до схеми регенерації $U_A > U_0$, то РІ вважається нагрітим і комутатор переходить у провідний стан, пропускаючи імпульс струму, достатній для підтримання РІ в нагрітому стані. Запис нової інформації здійснюється за допомогою логічної схеми. В цьому випадку за потрібною адресою вимикається схема регенерації і вмикається інформаційний вихід вузла дешифрування.

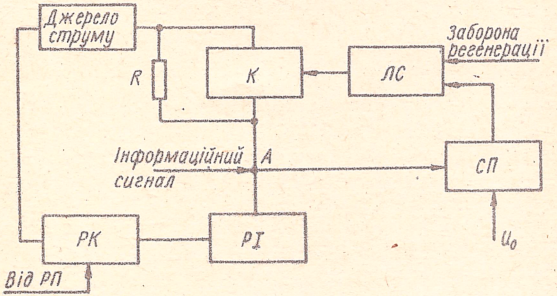


Рис.30. Схема регенерації зображень на КІ.

Кількість схем регенерації в основному залежить від можливого часу запам"ятовування станів КІ і швидкодії самої схеми. При великому часі запам"ятовування (наприклад,

ЕХІ) можна використати одну схему на весь екран, а при малому часі запам"ятовування кількість схем повинна дорівнювати кількості КІ в одному рядку. Конкретна схема регенерації залежатиме також від того фізичного параметра (опору, е.р.с., світлового потоку), що його контролює ця схема в комірковому індикаторі або інтегруючому елементі.

Розділ У
ПРИСТРОЇ СПРЯЖЕННЯ ЗНАКОВИХ ЕКРАНІВ
З ДЖЕРЕЛАМИ ІНФОРМАЦІЇ

13. Основні характеристики

Як джерела інформації можна використовувати автоматичні і напівавтоматичні давачі, розташовані в безпосередній близькості від пристроїв відображення або великій відстані від них. Під давачами інформації розуміють різні пристрої, що здатні перетворювати вихідну інформацію у форму, зручну для її подання пристроєм відображення людині-операторові. Ними можуть бути електронно-обчислювальні машини (ЕОМ), системи автоматичного контролю стану складних об"єктів, прості вимірювальні давачі, пульти керування тощо.

До пристроїв спряження (ПС) належать усі вузли пристрою відображення, за винятком вузла керування екраном і самого екрана. Функції пристроїв спряження та їх структурні схеми істотно залежатимуть від типу давача інформації та його віддаленості від пристрою відображення. Наприклад, якщо ЕОМ розташована поруч з пристроєм відображення, то пристрій спряження повинен забезпечувати: певну пропускну спроможність; раціональний розподіл робочого часу ЕОМ між обслуговуванням пристрою відображення і обробкою вихідної інформації; узгодження швидкостей роботи пристрою спряження і ЕОМ.

Якщо ЕОМ розташована на великій відстані від ПВ, інформація від неї передається через канали зв"язку. Тепер для цієї мети використовують існуючі телефонні і телеграфні канали, бо створення спеціальних каналів звичайно коштує дорожче, ніж побудова пристроїв відображення. У цьому

випадку швидкість видачі інформації на пристрій відображення обмежується пропускною спроможністю каналу зв"язку (від 50 до 2800 біт/сек), і на перший план висувається вимога точності передачі та приймання цифрової інформації. Ці функції звичайно покладаються не на пристрої відображення, а на спеціально розроблену апаратуру передачі цифрової інформації. У зв"язку з цим обсяг завдань, що їх розв"язує пристрій спряження, скорочується, а його схема спрощується.

Розгляньмо питання побудови пристроїв спряження знакових екранів з ЕОМ при їх спільному розташуванні. Ці пристрої можна класифікувати за способом спряження з ЕОМ, за розрядністю слів обміну між ЕОМ і пристроєм спряження та за способом розподілу часу ЕОМ.

Спряження з ЕОМ може бути безпосереднім або з використанням проміжного нагромаджувача інформації як узгоджуючого елемента. Звичайно застосовують пристрої спряження другого типу, бо вони дають змогу використовувати динамічний спосіб відтворення зображень і забезпечують:

1) часове узгодження джерел інформації і пристрою спряження;

2) максимальну автономність пристрою спряження, що, в свою чергу, скорочує час, який джерела інформації затрачують на обслуговування пристроїв відображення;

3) зворотне введення нагромадженої пристроєм спряження інформації в її джерело для дальшої обробки (нагромаджувальний пристрій є зручним резервом МОЗП ЕОМ);

4) повне оновлення інформації на знаковому екрані при короткочасній втраті її внаслідок порушення нормальної роботи екрана або при періодичному відновленні його роботи;

5) зв"язок оператора з джерелами інформації і можливість ручного введення інформації при її коректуванні;

6) незалежне обслуговування одним джерелом інформації кількох пристроїв відображення.

За розрядністю слів обміну можлива така класифікація: пристрої спряження можуть мати порозрядне виведення, виведення по буквах і по словах. Розрядність слів повинна відповідати мінімальній кількості розрядів, необхідній для повного відображення інформації на екранах. Крім того, вона має відповідати максимальній розрядності слів, прийнятій у найпоширеніших типових ЕОМ.

Для відображення інформації на знакових екранах звичайно використовують 16 розрядів для визначення типу об"єкта, 80 розрядів для формування інформаційних знаків і 1-3 розряди для контролю інформації, в той час як максимальна розрядність ЕОМ дорівнює 48. Для багатьох пристроїв спряження цього не досить, і інформаційне слово доводиться формувати з кількох машинних слів. Крім перелічених ознак, можна вказати ще поділ пристроїв спряження за способом визначення моменту обслуговування. Це може бути обслуговування за командами або програмне.

14. Розподіл часу ЕОМ між обробкою інформації і обслуговуванням пристрою спряження

При розробці пристроїв спряження велику увагу слід приділяти ефективності використання ЕОМ. Річ у тому, що ЕОМ призначена не тільки для обслуговування пристрою спряження, а й для розв"язання цілого ряду інших завдань. У загальному випадку в роботі машини можна виділити дві функції: керуючу і обчислювальну. Під керуючою функцією розуміють приймання інформації від джерел, приймання команд з пультів керування, видачу інформації у пристрій спряження і т.д. Всі ці функції реалізуються з допомогою спеціальних алгоритмів, а перехід на роботу за цими алгоритмами

здійснюється в машині за сигналом готовності з відповідних пристроїв. Для чіткого поділу керуючого і обчислювального часу роботи машини при обслуговуванні пристрою спряження треба точно фіксувати моменти готовності ПС до прийняття інформації. З існуючих способів фіксації моменту появи сигналів готовності найбільший інтерес становлять два: програмний і схемний.

Програмний спосіб полягає в тому, що в алгоритмі роботи машини передбачають циклічний опит пристроїв, з яких можуть надійти сигнали готовності. Але оскільки поява цих сигналів має випадковий характер і несинхронна з роботою ЕОМ, то час, затрачений на опит того або іншого пристрою, можна змарнувати у тому випадку, коли сигнал готовності ще не надійшов. Отже, якість роботи системи багато в чому залежить від правильного вибору часу циклічного опиту пристроїв спряження. А вибір цього часу обмежується двома суперечливими умовами. З одного боку, час опиту треба зменшувати, бо при цьому підвищується точність фіксації моментів появи сигналів і зменшується ймовірність втрат інформації. А з другого боку, цей час слід збільшувати для того, щоб скоротити час роботи ЕОМ вхолосту.

Зважаючи на ці умови, треба вибирати оптимальний час циклічного опиту. Це легко зробити при схемному способі фіксації моментів появи сигналів готовності. Суть цього способу полягає в тому, що в ЕОМ передбачають пристрої автоматичного переривання програми і схеми пріоритету, які за сигналом готовності від пристрою спряження переривають програму, що її виконує ЕОМ. ЕОМ припиняє виконання заданої програми і видає результати розв"язання на відображення.

Пристрій переривання алгоритму дає багато переваг. Оскільки обчислення можна перервати в перший-ліпший момент,

то відгуки на запити пристрою спряження виникають так швидко, як це потрібно. Якщо до ЕОМ приєднано кілька пристроїв спряження, то може одночасно зв"явитися багато сигналів переривання. У пристрої переривання передбачають схему пріоритету обслуговування пристроїв спряження за їх запитами. Частота переривання залежить від кількості пристроїв спряження, які працюють одночасно, їх швидкодії, ємності знакових екранів. Час зайнятості ЕОМ обслуговуванням пристроїв спряження можна в певних межах змінювати відповідною побудовою пристрою спряження, наприклад виділенням спеціальних елементів для виконання підпрограм обслуговування.

Існує два способи переривання алгоритму розв"язання ЕОМ. Перший передбачає переривання алгоритму негайно, тобто відразу ж після приходу сигналу готовності. В цьому випадку ЕОМ перериває розв"язання задачі, переписує результати розв"язання в запам"ятовуючий пристрій і видає інформацію, необхідну для відображення на екрані. Після видачі цієї інформації ЕОМ повертається до виконання перерваної програми. Перевагою цього способу є те, що інформація відображається на екрані з меншим запізнюванням. Але цей спосіб має й істотний недолік: для запам"ятовування результатів перерваного алгоритму потрібен запам"ятовуючий пристрій великої ємності.

Цього недоліку не має другий спосіб, при якому переривання програми відбувається з деяким запізнюванням. Сигнал готовності перериває алгоритм розв"язання не відразу, а після закінчення такту операції. ЕОМ закінчує такт, записує кінцевий результат у ЗП і видає на відображення. При цьому способі інформація надходить на екран з великим запізнюванням, зате в ЕОМ потрібен ЗП меншої ємності, ніж у першому випадку.

Оскільки швидкодія пристроїв відображення знакової інформації порівняно мала (період оновлення інформації дорівнює приблизно 3 сек), то при розробці пристроїв спряження доцільно використовувати схемний метод фіксації наявності сигналу готовності з деяким запізнюванням у перериванні алгоритму.

15. Функціональна схема пристрою спряження

При розгляді схеми припустимо, що екран має 60 рядків, у кожному з яких є по 24 восьмисегментних індикатори, а джерелом інформації є ЕОМ з 32 інформаційними розрядами.

Пристрій спряження повинен забезпечувати:

1) своєчасне приймання інформації, яка надходить з ЕОМ;

2) зберігання інформації до її оновлення;

3) розподіл інформації за потрібними адресами;

4) можливість ручного коректування інформації і проведення динамічного функціонального контролю роботи пристрою.

Для розв"язання цих завдань у ПС включають такі вузли: формувач інформаційного слова, буферний нагромаджувач, вузол запису інформації на знаковий екран.

Інформація з ЕОМ у послідовно-паралельному коді надходить у вузол формування слова. Оскільки розрядність машини обмежена, то інформаційне слово може бути складене за кілька тактів. Вузол формування (рис.31) складається із схеми розподілу (СР), схем збігу ($I_1 - I_{96}$), приймального регістра (ПР), елемента затримки (ЕЗ), схеми пріоритету (СП).

Розподіл двійково-десяткового коду, який надходить з ЕОМ, по комірках ПР здійснює схема розподілу СР, роботою

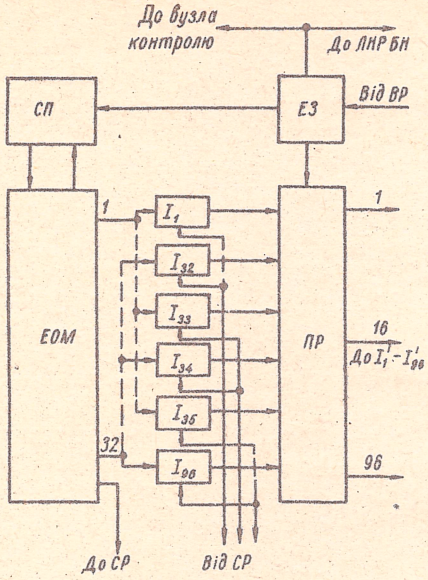


Рис.34. Схема формування інформаційного слова.

якої керують імпульси синхронізації, що надходять з ЕОМ. За кожен такт роботи ЕОМ видає інформацію у вигляді 32-розрядного двійково-десяткового коду, який надходить на всі 96 схем збігу ($I_1 - I_{96}$), котрі у вихідному стані закриті. З приходом першого імпульсу синхронізації схема розподілу відкриває перші схеми збігу і інформація з ЕОМ переписується в 32 розряди ПР. З приходом другого імпульсу синхронізації заповнюються дальші 32 розряди ПР і т.д. Таким чином, за три такти роботи ЕОМ у ПР формується ін-

формаційне слово по одному об"єкту, яке містить код номера і параметрів об"єкта.

З ПР сформоване повідомлення переписується у паралельному коді в буферний нагромаджувач (БН). У даному пристрої спряження БН використовується для повного обсягу

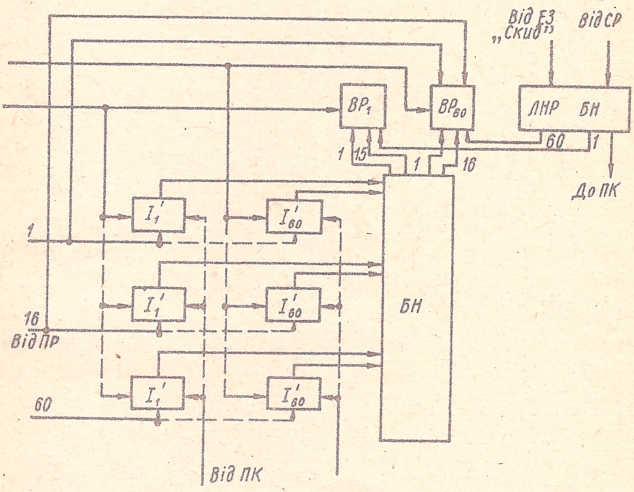


Рис.32. Схема буферного нагромаджувача.

відображуваної інформації. Інформація з приймального регістра переписується в буферний нагромаджувач за допомогою таких елементів: вхідних розподільних ключів (на кожен рядок до 96 ключів), вузлів розподілу ($ВР_1$ – $ВР_{60}$), лічильника номера рядка ЛНР БН (рис.32). З пульта керування (ПК) у пристрій відображення вводять вручну необхідну інформацію.

Вузли розподілу керують роботою ключових схем, через які інформація з ПР переписується в БН за даною адресою. Усі вузли розподілу і ключові схеми ідентичні. Кожен вузол розподілу (рис.33) складається із схеми порівняння (СП), схеми збігу (СЗ), схеми нульового потенціалу (СНП). Сигнал керування ключовими схемами на виході ВР може з"явитися або від схеми порівняння, або від схеми збігу.

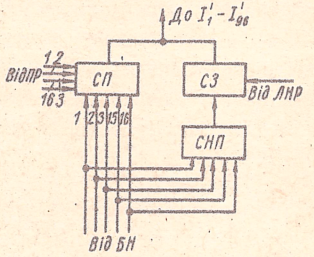


Рис.33. Схема вузла розподілу.

Адресу рядка визначає схема порівняння. Сигнал на її виході з"явиться лише в тому разі, коли на її вхід надійдуть рівні за амплітудою сигнали. Оскільки перші 16 розрядів рядка містять інформацію про номер об"єкта, то визначення адреси рядка здійснюється шляхом порівняння перших 16 розрядів коду, записаного в ПР, з першими 16 розрядами кодів рядків, записаних у БН. Якщо ці коди рівні, то схема видає сигнал керування на ключові схеми даного рядка і інформація з ПР буде переписана за заданою (потрібною) адресою.

Кілька слів про ключові схеми. У вузлі БН ці схеми використовуються як у режимі запису інформації, так і в режимі списування. Тому всі схеми мають по три входи, але спрацьовують при наявності двох сигналів. У режимі запису інформації в БН при ручному коректуванні вони відкриваються за сигналом керування з ВР і сигналом з ПР, а в режимі списування – при наявності сигналів з ВР та сигналів списування з пульта керування ПК. Послідовне заповнення вільних рядків здійснюється з допомогою схеми збігу. Сигнал

на виході схеми збігу з"являється при появі на її входах двох сигналів: від схеми нульового потенціалу і від лічильника номера рядка БН.

Сигнал на виході СНП з"явиться лише в тому разі, коли перші k розрядів коду рядка, який надходить на вхід схеми, є нулями. Інакше кажучи, сигнал на виході схеми нульового потенціалу свідчить про те, що рядок вільний. Але для того,щоб забезпечити послідовне заповнення рядків, потрібен часовий поділ сигналів, які надходять від СНП. Це здійснюється з допомогою лічильника номера рядка БН (ЛНР БН). Тому сигнал на виході схеми збігу з"явиться лише тоді, коли на її вхід надійде сигнал від ЛНР БН.

Розгляньмо, як відбувається заповнення рядків БН. У вихідному стані всі рядки БН вільні. На перші входи схем порівняння з ПР надходять перші 16 розрядів, що містять інформацію про номер об"єкта. Перші 16 розрядів усіх рядків БН дорівнюють нулю. Всі схеми порівняння закриті, бо сигнали, які надходять на перший і другий входи схеми, не дорівнюють один одному.

На схеми збігу надходять сигнали із схем нульового потенціалу. Сигналом з першого виходу СР запускається ЛНР БН. На першому виході лічильника з"являється імпульс, який надходить на схему збігу першого рядка і відкриває її. На виході ВР першого рядка одержимо сигнал, який відкриє ключові схеми цього порядка і дозволить переписування інформації з ПР у перший рядок БН. Цим самим сигналом через елемент затримки здійснюється скидання ЛНР БН, очищення ПР і сигналізація на схему пріоритету про готовність ПР до приймання нової інформації. Схема пріоритету, одержавши з машини сигнал про наявність інформації, призначеної для відображення, і сигнал про готовність ПР до приймання нової інформації, виробляє сигнал переривання програми ЕОМ.

При його надходженні ЕОМ перериває виконувану операцію і видає інформацію, призначену для відображення.

Знову з першого виходу СР здійснюється запуск ЛНР БН і одночасно відбувається порівняння перших k розрядів ПР і першого рядка. Якщо вони рівні, то схема порівняння видає імпульс керування. Відкриваються схеми збігу, і інформація в першому рядку оновлюється. Це значить, що надійшла нова інформація про об"єкт, дані про який уже записані в БН. Якщо ж схема порівняння першого рядка не видає сигналу, то вважається, що надійшла інформація про новий об"єкт і її треба записати у вільний рядок. З приходом другого імпульсу від ЛНР БН ця інформація переписується в другий рядок.

Далі вузол працює аналогічно доти, поки всі рядки не будуть заповнені. У цьому разі в БН зберігатиметься інформація про 60 об"єктів, тобто пам"ять буде заповнена. Якщо від ЕОМ надійде інформація про новий, 61-й об"єкт, БН не зможе її прийняти. Тоді ЛНР БН по 61-му виходу видає сигнал, який надходить на пульт керування ПК і сигналізує операторові про те, що є нова інформація, але її нікуди записати, бо БН заповнений. Оператор приймає рішення про те, який рядок можна стерти, щоб на його місце записати в БН новий, і з пульту керування видає сигнал стирання того або іншого рядка.

Інформація,яка є в БН, стирається так: оператор з пульта керування подає сигнал скидання, який блокує схему розподілу на час стирання інформації і одночасно очищає ПР. В цей час усі схеми збігу, через які надходить інформація з ЕОМ, закриті. На пульті керування набираються перші 16 розрядів, що містять інформацію про номер об"єкта, записану в тому рядку, який треба стерти. Цей код надходить через приймальний регістр на ВР для відшукання номера

даного об"єкта в БН. На ключові схеми рядків БН надходить сигнал списування з ПК.

З приходом сигналу керування від ВР відкриваються ключові схеми того рядка, в якому зберігається інформація про даний об"єкт, і вони пропускають сигнали списування, що очищають даний рядок. Одночасно із стиранням інформації в рядку БН стирається відображена інформація у відповідному рядку на екрані.

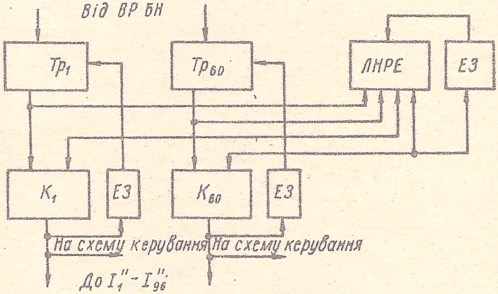


Рис.34. Схема узгодження.

Повідомлення з БН через вузол дешифрування і керування екраном переписуються на відповідний рядок екрана. Цю функцію виконує вузол дешифрування, який складається із схеми узгодження (рис.34), схем збігу ($I_1 - I_{96}$) та дешифраторів (рис.35). Цей вузол компенсує часове розузгодження між БН і кінцевим пристроєм (вузлом керування екраном) і надає інформації вигляду, зручного для відображення. Він забезпечує приймання повідомлень з швидкодією, не меншою, ніж у БН, і видачу її з швидкодією вузла керування екраном. Повідомлення, що надходять з БН у двійково-десятковому коді, перетворюються дешифраторами знака (ДЗ) в позиційний код.

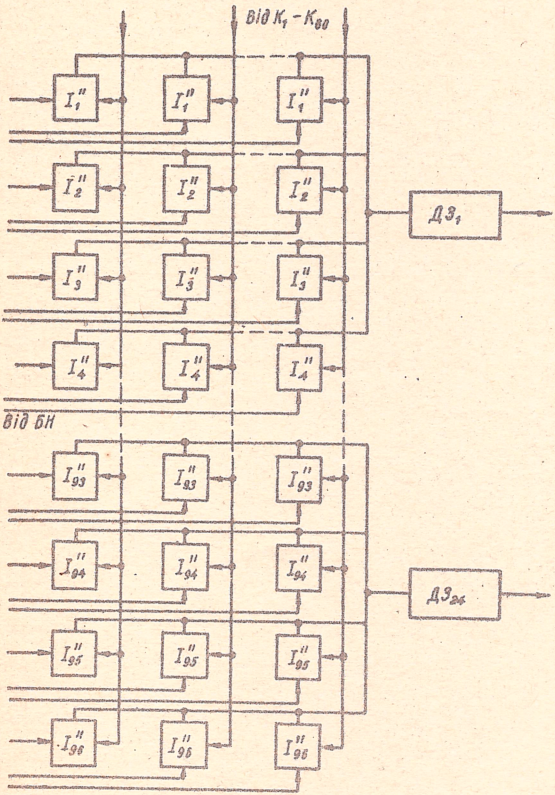


Рис.35. Схема вузла дешифрування.

I5-7I68

Розподіляється інформація так. При запису інформації в БН стан тригерів ($Тр_1$ – $Тр_{60}$) схеми узгодження (рис.34) змінюється за сигналами, що надходять від ВР БН. З тригерів відповідні сигнали надходять на ключі $К_1$ – $К_{60}$ і одночасно запускається лічильник номера рядка екрана (ЛНРЕ). При збігу на вході ключа імпульсів від тригера і лічильника формуються сигнали керування для схем збігу $І_1$ – $І_{96}$ (рис.35) та рядкових ключів РК відповідного рядка у вузлі керування екраном (див.рис.20). Повідомлення з БН через схеми збігу і ДЗ надходить на елементи КФ і РК вузла керування екраном. Тривалість впливу імпульсу ЛНРЕ визначається часом проходження інформації через ДЗ і часом спрацьовування ЕПЗ вузла керування. На цей же час розрахований елемент затримки ЕЗ, який затримує сигнал відновлення тригера у вихідний стан. Далі цикл роботи повторюється.

Для перевірки справності роботи пристрою відображення існує вузол контролю і ручного коректування інформації (рис.36), який складається з генератора імпульсів (ГІ), ключа (К), схем видачі інформації і адреси (відповідно СВІ і СВА), лічильників автоматичного набирання кодів адреси (ЛАНА) і цифр (ЛАНЦ).

У режимі контролю на екрані відбувається послідовний запис і списування інформації. За повний цикл контролю на кожному знакомісці висвічуються послідовно всі цифри від 0 до 9 і один раз порожнє поле. Генератор ГІ формує імпульси з такими самими параметрами, як і у імпульсів, що надходять з ЕОМ. Щоб дістати пачку імпульсів, використовують ключ, який закривається після кожного третього імпульсу, що надходить із схеми розподілу СР, і відкривається за сигналом готовності ПР до приймання нової інформації.

Імпульси з ГІ через ключ К ідуть на схему розподілу, яка по першому виходу видає імпульс дозволу на СВА, а по

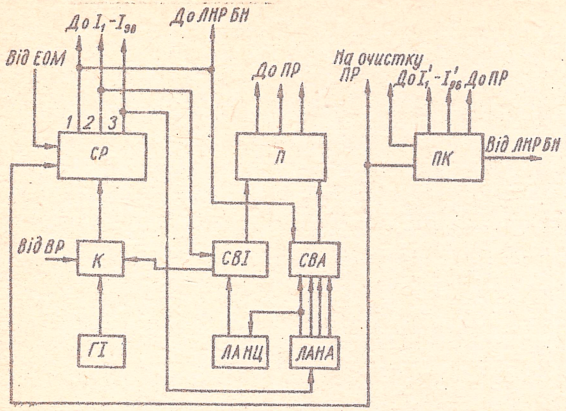


Рис.36. Схема вузла динамічного контролю і ручного коректування інформації на екрані.

другому і третьому виходах – на СВІ. Третій імпульс із схеми СР закриває ключ К. Інформація із схеми видачі інформації СВІ через перемикач "робота" – "контроль" (П) надходить на ПР. У вихідному стані схема розподілу, схеми видачі адреси та інформації і лічильники автоматичного набирання адреси та інформації скинуті в 0. З приходом першого імпульсу з ГІ схема розподілу дозволяє видачу адреси, але вона поки що не набрана, бо схема набирання адреси скинута. Другий і третій імпульси з СР надходять до схеми видачі інформації, на якій поки що теж нічого немає. За третім імпульсом із схеми розподілу на лічильнику автоматичного набирання адреси набирається 1 у двійково-десятковому коді.

Час, за який відбувається запис інформації в один рядок, називається тактом динамічного контролю. За перші 6І

такт контролю відбувається вибирання адрес без видачі за цими адресами інформації. З приходом 64-г посилки з ВР лічильник автоматичного набирання адреси видає імпульс на ЛАНЦ, і на ньому набирається 1 у двійково-десятковому коді. Ця цифра 1 за наступні 64 такт запишеться в усі рядки екрана. З приходом 122-г посилки з лічильника набирання адреси видається другий імпульс на ЛАНЦ. Набирається цифра 2 у двійково-десятковому коді, яка записується в усі рядки екрана. Аналогічно набираються і висвічуються всі цифри на екрані.

ДОДАТОК І

Таблиця Д1

Технічні дані ЕЛІ, що їх випускає промисловість

Номер складального креслення	Висота знака, мм	Кількість сегментів	Середня величина струму на знакомісце, ма	Габаритні розміри, мм
6ПР.359.002,008	19	7	0,3	42х22х17
ЖП3.012.006	20	8	0,3	42х22х17
6ПР.359.021	20	8	0,3	42х22х17
ЖВ3.012.000	38	7	1	58х42х22
ЖВ3.012.005	40	8	1	58х42х22
ЖВ3.012.014	40	8	1	58х42х25
ТЮ3.396.010-0	40	8	1	58х42х49
6ПР.359.022	40	8	1	58х42х25
ТЮ3.396.002	87	8	10	105х84х49

Таблиця Д2

Яскравісні характеристики стандартних ЕЛІ

Напруга збудження		Яскравість, нт			Граничне зовнішнє засвічування, лк, не більше
Амплітуда, в	Частота, гц	Зелене світло	Блакитне світло	Жовте світло	
127	50	1-2	0,5-1	0,25-0,5	1
220	50	3-5	2-3	1-2	2
127	400	5-8	-	-	5
220	400	20-40	15-20	5-10	20
220	1200	50-70	20-30	12-18	40

Таблиця Д3

Основні характеристики розжарних індикаторів

Тип лампи	Номінальні світлові й електричні параметри			Основні розміри		Тривалість горіння, год
	Напруга, в	Потужність, вт	Світловий потік, лм	Найбільший діаметр, мм	Найбільша довжина, мм	
СМ-36	3	0,6	2	4,3	15	100
СМ-34	6,8	1,6	9	11	30	100
СМ-33	24	4	32	11	31	100
СМ-37	28	1,4	8	5,5	17,2	100
СМ-31	28	2,8	18	11	30	100
СМ-30	28	4,8	37	11	30	100
Мн-4	2,5	0,75	4	16	30	250
Мн-7	2,5	1,4	6,25	16	30	500
Мн-11	2,5	1,8	1,2	16	30	100
Мн-24	36	5,4	18	11	30	100

Основні параметри ЕХІ

Амплітуда напруги керуючих імпульсів, в . . . . . 2 – 12

Тривалість керуючих імпульсів, сек 0,01–0,1

Величина заряду на 1 $см^2$, при якій відбувається максимальне почорніння індикатора, к . . . . . $18 \cdot 10^{-3}$

Коефіцієнт контрастності 0,6–0,7

Час запам"ятовування індицируваного стану, хв . . . . . 3 – 5

Діапазон робочих температур, °С . . . . Від +60 до –20

Таблиця Д4

Основні характеристики газорозрядних індикаторів

Тип індикатора	Напруга засвічування, в	Робочий струм, ма	Напрям індикації	Яскравість світіння, нт	Кут спостереження, град	Час горіння, год
ТН-0,2	85	0,25	Торцевий	50-100	90	200
ТН-0,3	150	0,3	"	230-410	40	200
ТН-05	90	0,5	"	70-110	-	300
ТН-0,9	200	0,9	"	180-350	-	300
МН-4	80	2	"	530-730	-	500
МН-7	87	2	"	35-280	-	200
МН-15	235	0,45	Торцевий і бічний	500-1000	120	50
МН-11	85	5,0	Бічний	350-950	50	200
ТН-1	140	1	"	180-240	-	100
МН-3	65	1	Торцевий	280-460	-	300
ТН-20	150	20	"	14-93	-	1000
ТН-30	82	-	"	23-150	-	1000
ИН-1	200	3	"	280-370	60	200
ИН-2	200	2	"	190-430	40	500

Додаток 2

БЕЗКОНТАКТНІ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛІ КЛЮЧОВОГО ТИПУ

1. Трансформаторні елементи пам"яті і збудження ЕЛІ

Найбільшу групу елементів керування ЕЛІ становлять трансформаторні ЕПЗ (див.рис.21). Особливістю їхніх схем є наявність індуктивних котушок, що використовуються як підвищувальні трансформатори низьковольтної напруги і керовані нелінійні опори. Розгляньмо найтиповіші з схем ЕПЗ цієї групи.

Трансформаторні ЕПЗ з низьковольтною комутацією. На рис.ДІ показано дві схеми ЕПЗ з використанням підвищувальних трансформаторів для збудження ЕЛІ. В обох схемах трансформатор $Тр_1$ має обмотку керування низької напруги w_1 з виводом від середньої точки і обмотку високої напруги w_2, приєднану до входу ЕЛІ. Керування станами трансформатора здійснюється за двопівперіодною схемою з допомогою транзисторних ключів Т. Коли на базу транзистора Т через діод $Д_3$ надходить негативний імпульс $U_{к_1}$ (рис.ДІ,а), транзистор відкривається і змінна напруга збудження від спеціального низьковольтного джерела живлення через $Тр_1$ подається на ЕЛІ. При закритому транзисторі напруга збудження на вході ЕЛІ дорівнює нулю. Пам"ять у такій схемі забезпечується позитивним зворотним зв"язком, для чого на $Тр_1$ намотують додаткову обмотку w_3. Продетектована напруга зворотного зв"язку нагромаджується на конденсаторі С і утримує транзистор Т у відкритому стані. Транзистор закривається, коли на його базу через $Д_4$ надійде позитивний імпульс $U_{к_2}$. За час діяння цього імпульсу ємність С розряджається, і ключ буде закритий позитивною напругою +1,5 в.

Сигнали керування схемою, наведеною на рис. ДІ,а, мають такі параметри: тривалість імпульсів запуску і зриву відповідно τ_1 = 10 ÷ 20 мксек, τ_2 = 1 мксек; амплітуда імпульсів $U_{к_1} = U_{к_2}$ = 10 в; ефективне значення напруги джерела живлення $U_ж$ = 18 в, частота f = 3 кгц. Трансформатор $Тр_1$ виконаний на феритовому осерді Ш5 з матеріалу 2000НМ і має такі обмотки: w_1 = 100 + 100 витків, w_2 = 2500 витків, w_3 = 100 витків. Транзистор Т – типу П21А; $Д_1$–$Д_5$ – діоди типу Д2Е; R_1 = 39 ком, R_2 = 3,9 ком, С = 0,05 мкф.

Транзисторно-трансформаторний ЕПЗ, схему якого наведено на рис.ДІ,б, вмикається негативним імпульсом запису

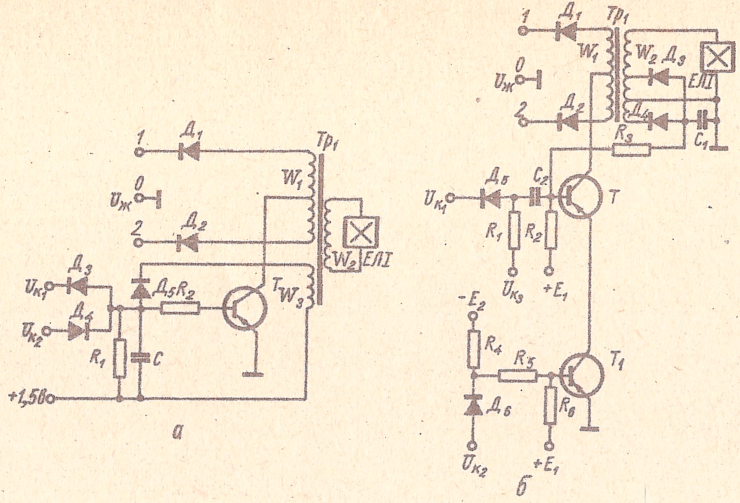


Рис.Ш. Схеми трансформаторних ЕПЗ з низьковольтною комутацією.

$U_{к1}$ при наявності дозволяючого імпульсу $U_{к3}$. Пам"ять реалізована з допомогою позитивного зворотного зв"язку з частини вихідної обмотки трансформатора $Тр_I$. Досить значна величина інтегруючої ємності C_I у колі зворотного зв"язку обмежує швидкодію ключа до І кгц. Коли на вхід транзистора T_I надходить імпульс керування $U_{к2}$, коло емітера ключа Т розривається і в роботі ЕПЗ настає перерва.

Отже, в цих ЕПЗ трансформатор використовується тільки для передачі на ЕЛІ напруги збудження, а керування і запам"ятовування його станів здійснюються транзисторними ключами. Тому такі схеми ЕПЗ неекономічні і складні. Більш перспективними слід вважати ті ЕПЗ, в яких усі функції виконує один елемент – феритове осердя з відповідними обмотками.

Е П З н а т р а н с ф л ю к с о р а х. Трансфлюксор являє собою феритове осердя з прямокутною петлею гістерезису, з двома або більшою кількістю отворів (розгалужений магнітопровід) і з кількома обмотками. Один з магнітопроводів осердя (робочий) призначений безпосередньо для запам"ятовування сигналів. Різні напрями його залишкової намагніченості відповідають логічним "0" або "І". Другий магнітопровід (той, що моделюють) являє собою керований магнітний опір, величина якого може змінюватися під впливом імпульсів або постійного струму. На рис.Д2 показано приклад конструкції трансфлюксора з двома отворами. Через великий отвір проходить обмотка керування W_1, а через малий – обмотка збудження W_2 і вихідна обмотка W_3.

Принцип роботи трансфлюксора такий. Припустімо, що все осердя намагнічене в напрямі, показаному стрілками на рис. Д2, а, до індукції, близької до насичення, імпульсом струму керування $I_к$ через обмотку W_1. Тоді струм збудження $I_з$.

який проходить через обмотку W_2, майже не спричинить ніякого ефекту у вихідній обмотці W_3. Це пов"язано з тим, що в зоні малого отвору магнітний потік практично не зміниться під впливом струму I_3, бо при дальшому намагнічуванні вже насичених ділянок їх магнітний опір можна вважати нескінченно великим. За умови, що імпульс $I_к$ матиме

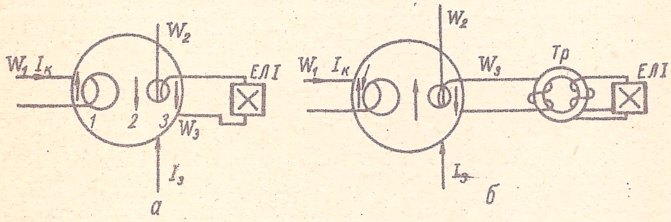


Рис.Д2. Схеми трансфлюксорних ЕПЗ.

зворотну полярність і амплітуду, достатню для перемагнічування осердя на ділянці 2, можна дістати стан трансфлюксора, показаний на рис.Д2,б. В цьому випадку струм збудження створюватиме м.р.с., здатну перемагнічувати матеріал осердя на ділянках 2 і 3, і у вихідній обмотці W_3 буде індукована напруга, що надійде на вхід ЕЛІ. Збудження трансфлюксора може здійснюватись як синусоїдним струмом, так і імпульсами струму різної полярності (тривалість $\tau_і$ = = 0,5 мксек, частота повторення імпульсів 1-5 кгц).

Отже, трансфлюксор являє собою елемент пам"яті з двома стійкими станами: у закритому стані на обмотці W_3 буде мінімальна напруга U_{min}, у відкритому - максимальна. Коефіцієнт підсилення К для розроблених трансфлюксорних схем дорівнює приблизно 7.

Спряження трансфлюксора з ЕЛІ може бути як безпосереднім, так і через додатковий підвищувальний трансформатор.

У першому випадку (рис.Д2,а) для одержання потрібної амплітуди напруги збудження ЕЛІ потрібна багатовиткова обмотка w_3, що створює певні конструктивні труднощі. Уникнути їх можна, застосувавши додатковий підвищувальний трансформатор (рис.Д2,б). Трансфлюксор можна також використати як керований дросель, ввімкнений паралельно або послідовно з ЕЛІ.

Трансфлюксори як елементи керування ЕЛІ мають такі достоїнства: вони дають можливість зберігати записану інформацію протягом будь-якого часу без затрат енергії і зчитувати інформацію без її руйнування, мають високу надійність і швидкодію (час комутації $T_к \leq 2{,}5 \cdot 10^{-6}$ сек), забезпечують майже повне розв"язання між колами передачі потужності і колами керування.

Недоліки ЕПЗ на трансфлюксорах такі: велика споживана потужність ($P \geq 0{,}2$ вт), висока чутливість до величини амплітуд сигналів керування і збудження, відносно великий рівень завад на виході при закритому трансфлюксорі, а також необхідність відбраковування феритових осердь.

Е П З н а ф е р и т-к о н д е н с а т о р н и х к о м і р к а х. На рис. Д3 показано схему ЕПЗ ЕЛІ на ферит-конденсаторній комірці, яка складається із двох осердь з прямокутною петлею гістерезису. На осердя намотують тактові обмотки w_1 і w_1', обмотки запису w_2 і w_2', вихідні обмотки w_3 і w_3', обмотки списування w_4 і w_4' [43]. Електролюмінесцентний індикатор приєднують до вихідних обмоток, напруга на яких з"являється при перемиканні осердь Φ_1 і Φ_2 в різні стани тактовими імпульсами I_1, I_1' та імпульсами запису $I_{зап}$. У цьому елементі ЕЛІ виконує роль навантаження і нагромаджувача енергії перезапису.

Під впливом імпульсу запису осердя Φ_1 та Φ_2 перемагнічуються і переходять відповідно у стани "0" та "1". Коли

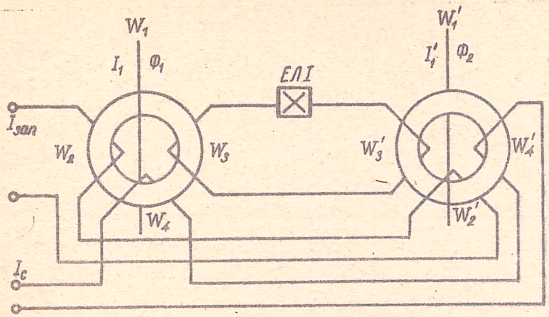


Рис.ДЗ. ЕПЗ на ферит-конденсаторних комірках.

на обмотку W_1 надходить тактовий імпульс I_1, магнітний стан осердя Φ_1 змінюється і у вихідній обмотці W_3 наводиться е.р.с., яка заряджає ємність ЕЛІ до величини U_C. При цьому струм заряду, що приходить через обмотку W_3', перемагнічує осердя Φ_2, яке переходить із стану "І" у стан "0". Після закінчення перемагнічування осердя Φ_1 ємність ЕЛІ розряджається і перемикає Φ_2 у стан "І". Це відбувається завдяки відповідному доборові параметрів схеми, тобто кількість нагромадженої конденсатором енергії більша від енергії перемагнічування осердя. Після закінчення розряджання ємності ЕЛІ на обмотку W_1' осердя Φ_2 надходить наступний тактовий імпульс і перемикає осердя із стану "І" у стан "0". Процес повторюється, але тепер напруга індукується в обмотці W_3' і перемагнічується осердя Φ_1. У вихідних обмотках W_3 і W_3' при перемиканні осердь індукується напруга, достатня для збудження світіння ЕЛІ. Записана імпульсом $I_{зап}$ інформація стирається при подачі імпульсу стирання I_c на обмотки W_4 і W_4'. При цьому осердя Φ_1 переводиться у стан "І", а осердя Φ_2 – у стан "0". Після цьо-

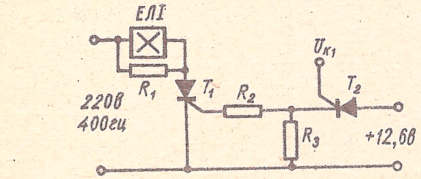
го тактовими імпульсами осердя перемагнічуються за часткових циклом і у вихідних обмотках наводиться е.р.с., недостатня для засвічування ЕЛІ.

Параметри схеми цього ЕПЗ такі: тип осердь ВТ 10х6х2; кількість витків $w_3 = 80 \div 100$, $w_1 = w_2 = w_4 = 1$; величина струму тактових імпульсів $I_1 = I_1' = 6 \div 10$ а, частота повторення імпульсів 3–5 кгц; час перемикання (комутації) ферит-конденсаторної комірки $T_к \leq 5$ мксек.

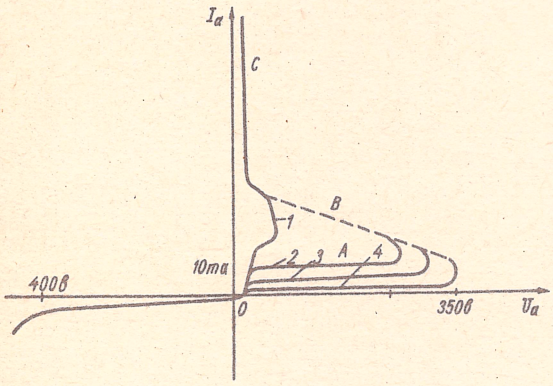
2. Елементи пам"яті і збудження ЕЛІ з безпосереднім зв"язком

Ці ЕПЗ становлять другу за величиною групу елементів керування ЕЛІ (див.рис.21). Їх особливістю є безпосередній зв"язок з ЕЛІ і джерелом їх збудження, що зумовлює таку вимогу до них, як комутація змінної напруги великої амплітуди.

Т и р и с т о р н і Е П З. Використання тиристорів виявилось можливим завдяки малим струмам ЕЛІ (робочий емнісний струм сегмента становить 0,7–1 ма). Тиристор являє собою напівпровідниковий прилад із структурою переходу p-n-p-n типу, який має ділянку негативного опору між станами високої і низької провідності. На рис.Д4,б наведено вольт-амперні характеристики тиристора для різних значень керуючих імпульсів $U_{к1} > U_{к2} > U_{к3} > U_{к4}$ (відповідно криві 1,2,3,4 на рисунку). На цих характеристиках можна виділити три ділянки: А – ділянку великого внутрішнього опору і малого струму витікання (тиристор вимкнений); В – ділянку негативного опору; С – ділянку порівняно великого анодного струму і малого спаду напруги на тиристорі (тиристор ввімкнено). У ввімкненому стані тиристор може залишатися протягом довгого часу, якщо анодний струм буде більшим від мінімального струму вимкнення.



а



б

Рис.Д4. ЕПЗ на тиристорах:
а – принципова схема; б – вольт-амперна характеристика тиристора.

Для ввімкнення тиристора, тобто переведення його в стан високої провідності, використовують короткочасний імпульс, який подається в коло керуючого електрода. Перехід до цього режиму регенеративний. Після ввімкнення тиристора величина анодного струму не зміниться і при відсутності струму керуючого електрода. Зняття анодної напруги або зміна її полярності спричиняє вимикання тиристора. Оскільки в схемі ЕПЗ тиристор використовується для комутації змінної напруги, то для того, щоб утримувати його у вімкненому стані, потрібне постійне зміщення в колі керуючого електрода. Передача негативної півхвилі збуджуючої напруги на ЕЛІ відбувається в результаті того, що при подачі постійної позитивної напруги на керуючий електрод тиристора його вольт-амперна характеристика зміщується в сторону збільшення негативного значення анодного струму. Коли тиристор ввімкнений, на ньому спадає 1-2 в, що становить приблизно 1% від значення збуджуючої напруги, а коли вимкнений, вся напруга прикладена до нього.

Схему тиристорного ЕПЗ наведено на рис.Д4,а. В ній використовується два тиристори - T_1 для комутації змінної напруги і T_2 для запам"ятовування інформації [27]. Принцип роботи схеми такий. У вихідному стані обидва тиристори вимкнені. Збуджуюча напруга 220 в, 400 гц ділиться між ємнісним опором ЕЛІ і внутрішнім опором вимкненого тиристора, з"єднаного послідовно з ЕЛІ. Оскільки опір вимкненого тиристора в багато разів більший від ємнісного опору ЕЛІ, то вся збуджуюча напруга спадає на тиристорі і ЕЛІ не світиться. При подачі імпульсу $U_{к1}$ на керуючий електрод тиристора T_2 останній вмикається і прикладена до тиристора T_1 стала напруга +12,6 в відкриває його. Опір вімкненого тиристора різко зменшується, і вся збуджуюча напруга подається на ЕЛІ, спричиняючи світіння індикатора.

У момент зняття позитивної півхвилі напруги збудження, при проходженні анодного струму через нульове значення, тиристор вимикається. Для того, щоб він знову ввімкнувся при наступному циклі, використовується тиристор пам"яті T_2, який після ввімкнення весь час подає позитивне зміщення в коло керуючого електрода тиристора T_I. Опір R_3 призначений для забезпечення необхідної величини анодного струму тиристора T_2. Опір R_2 обмежує величину керуючого струму, а опір R_1 виключає можливість паразитного світіння сегментів ЕЛІ при вимкненому тиристорі T_I за рахунок струмів витікання. Схема вимикається при розриві кола живлення тиристора T_I. Для цієї мети використовують транзистор, який перебуває в режимі глибокого насичення і подає напругу +12,6 в на вхід схеми (транзистор на схемі не показаний).

Останнім часом поряд з розробкою тиристорів велика увага приділяється ЕПЗ з напівпровідникових матеріалів, що використовують об"ємний ефект. Такі ЕПЗ виконують на основі аморфних сполук скла і наносять у вигляді пасти з боку непрозорого електрода ЕЛІ. Час комутації ЕПЗ $T_к$ = 1 мсек, пам"ять не обмежена в часі. Опір ЕПЗ при перемиканні змінюється від 300 Мом до 30 ом. Тепер розроблено лабораторні зразки таких ЕПЗ.

3. Елементи пам"яті і збудження ЕЛІ генераторного типу

На відміну від ключових, ЕПЗ генераторного типу збуджують ЕЛІ власними коливаннями. Отже, параметри коливань, які вони генерують (потужність, амплітуда, частота), повинні задовольняти вимоги, що їх ставлять ЕЛІ до джерел живлення, і не залежати від навантаження (ємності ЕЛІ).

Тепер відомо кілька типів генераторних елементів, які в основному задовольняють ці вимоги, а саме: генератори на напівпровідникових тріодах з використанням трансформаторів на феритових осердях і параметричні генератори (параметрони). Проте генераторні ЕПЗ на напівпровідникових тріодах не набули достатнього поширення, бо вони мають цілий ряд істотних недоліків. Це, зокрема, складність їх схем, низька надійність і недостатня стабільність роботи, велика кількість витків обмоток і значні габаритні розміри осердь транформаторів.

Більш перспективними ЕПЗ цього типу є індуктивні параметричні генератори (параметрони). Параметрон являє собою резонансний контур, в якому під впливом змінного струму (струму розкачки) періодично змінюється реактивний параметр (індуктивність). Внаслідок зміни індуктивності в контурі виникають гармонічні коливання, що дають змогу кодувати двійкові змінні – 0 та 1 у вигляді різних рівнів амплітуд.

Параметричний ЕПЗ (рис.Д5) складається з трансформаторів на феритових осердях $Тр_1$, $Тр_2$ і конденсатора С. Загальна індуктивність обмотки W_2 утворює з ємністю конденсатора С резонансний контур, в якому виникають параметричні коливання з частотою f. У первинну обмотку W_1 подають струм розкачки I_{2f} у вигляді гармонічних коливань з частотою $2f$ і струм зміщення I_0. Первинна обмотка W_1 намотана в протилежному напрямі щодо вторинної. Це запобігає безпосередньому переходові енергії з первинного кола у вторинне. Обмотка W_3 є підвищувальною і призначена для передачі на ЕЛІ з контура напруги потрібної амплітуди. Обмотка W_4 – керуюча. Робочими характеристиками параметричного ЕПЗ є: величина напруги збудження U_3 на виході ЕПЗ при фіксованому значенні робочої точки і ширина робочої області.

На рис.Д6 наведено резонансну характеристику парамет-

ричного ЕПЗ. Робочою областю тут є зона, що лежить між точками I_{02} і I_{03} . В цій області величина струму зміщення I_0 визначає робочу точку I_{0p} , в якій ЕПЗ може або ге-

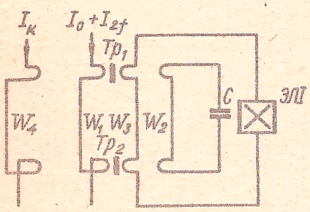


Рис.Д5. Схема параметричного ЕПЗ.

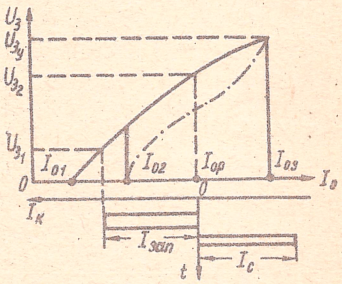


Рис.Д6. Резонансна характеристика параметричного ЕПЗ.

нерувати коливання з напругою на контурі, яка дорівнює U_{32}, що відповідає наявності інформації, або не генерувати, що відповідає відсутності інформації. Положення робочої точки не стале і може бути задане в будь-якому місці робочої області (на відрізку $I_{02} - I_{03}$). Це зв"язане з необхідністю збільшувати через певний час роботи індикаторів напругу їх збудження для компенсації втраченої яскравості світіння.

Для запису інформації в ЕПЗ треба імпульсом керування вивести робочу точку I_{0p} ліворуч від точки I_{02} , а для списування - праворуч від точки I_{03} . Імпульси запису $I_{зап}$ і списування I_c подаються в одну й ту саму обмотку керування W_4 , але мають різну полярність. Щоб керування роботою ЕПЗ було стабільним, амплітуди імпульсів запису і списування повинні лежати в межах:

$$I_{0p} - I_{02} \leq I_{зап} \leq I_{0p} - I_{01}; \quad I_{03} - I_{0p} \leq I_c .$$

Як видно з цих виразів, амплітуди імпульсів запису і списування можуть змінюватись у широких межах. Це дає змогу, з одного боку, розробляти надійні багатовходові елементи, а з другого – ставити менш жорсткі вимоги до стабільності джерел живлення, керуючих імпульсів та інших дестабілізуючих факторів. Для збудження автоколивань в ЕПЗ необхідний імпульс не тільки певної амплітуди, а й тривалості. Це зумовлене тим, що за час діяння імпульсу амплітуда автоколивань повинна досягти усталеного значення напруги збудження ЕЛІ $U_з$ або принаймні критичної величини $U_{кр}$. Значення $U_{кр}$ можна обчислити з виразу

$$U_{кр}^2 \approx U_{з1}^2 - (U_{з2}^2 - U_{з.п}^2),$$

де $U_{з1}$ – значення амплітуди усталених коливань у точці діяння імпульсу; $U_{з2}$ – значення амплітуди усталених коливань у робочій точці; $U_{з.п}$ – значення порогової амплітуди в робочій точці (на рис.Д6 значення $U_{з.п}$ показані пунктиром). Знаючи величини $U_{з1}$, $U_{кр}$ і час усталення коливань $t_у$ у точці діяння імпульсу, можна визначити мінімальну тривалість імпульсу запису

$$\tau_{зап} = \frac{U_{кр}^2}{U_{з1}^2} \; t_у .$$

Отже, можна вважати, що повний час перемикання (комутації) ЕПЗ складається з тривалості імпульсу запису $\tau_{зап}$ і часу відновлення коливань $t_в$ в ЕПЗ після зняття імпульсу запису $T_к = \tau_{зап} + t_в$. Він може бути $T_{к1} \approx t_в$, якщо $t_в \gg \tau_{зап}$, або $T_{к2} \approx \tau_{зап}$, якщо $t_в \ll \tau_{зап}$.

Як показали дослідження, $T_{к2} < T_{к1}$. Це зумовлене тим, що при $T_{к1}$ робоча точка зміщена в двостабільну область (область $T_{01} - T_{02}$ на рис.Д6) на повний час наростання ав-

токоливань до $U_{з1}$, а при $\tau_{к2}$ – тільки на час наростання амплітуди коливань до $U_{кр}$. Дальше наростання амплітуди до усталеного значення відбувається при зміщенні робочої точки в тристабільну область (область $I_{02} - I_{03}$ на рис.Д6). Швидкість наростання автоколивань у двостабільній області значно більша, ніж у тристабільній.

Для зриву коливань треба подати імпульс тривалості, достатньої для зменшення амплітуди коливань нижче від порогової. Мінімальна тривалість імпульсу зриву

$$\tau_{зр} \geq \frac{U_{з2}^2 - U_{з.п}^2}{0{,}9\, U_{з.у}^2}\ t_{зат} ,$$

де $U_{з.у}$ – значення амплітуди усталених коливань у кінці тристабільної області; $t_{зат}$ – час затухання коливань в ЕПЗ.

При масовому виготовленні ЕПЗ виникає проблема одержання комірок пам"яті з ідентичними характеристиками, на які впливає розкид параметрів феритових осердь, ємностей і навантаження. Допустимі розкиди напруг $\Delta U_з$ внаслідок неідентичності параметрів контура комірок пам"яті і навантаження залежать від таких факторів: світлотехнічних характеристик ЕПІ; умов збудження індикаторів (частоти, напруги), конкретних вимог до розкидів яскравостей світіння електролюмінесцентних елементів. Допустимі відхилення меж ΔI_{02}, ΔI_{03} залежать від способу керування комірками та від ширини робочої області.

Оскільки ЕПЗ мають широку область, яка звичайно становить від 2,5 до 6 ав, а при використовуваних способах керування комірками величина розкиду меж робочої області не така вже важлива, то вимоги до допустимого розкиду меж значно м"якші, ніж до допустимого розкиду напруг, і тому ідентич-

ність характеристик комірок пам"яті оцінюють за ΔU_3.
Для зменшення розкиду амплітуди коливань в ЕПЗ можна використовувати або попередній добір елементів контура, що мають потрібні допуски, або введення в параметричний контур додаткових коректуючих елементів. Метод попереднього добору елементів контура зв"язаний із збільшенням відходів феритових осердь, зменшенням технологічності виробництва ЕПЗ і підвищенням їх вартості.

Введення в контур коректуючого елемента дає змогу стабілізувати амплітуду вихідної напруги без попереднього сортування елементів параметричного контура і навантаження. З цією метою паралельно вмикають компенсуючу ємність. На стабільність вихідної напруги впливають також температурні зміни в наколишньому середовищі. Позитивна температура наколишнього середовища в широкому діапазоні від 0 до +85°С має незначний вплив на основні параметри ЕПЗ, виготовлених на осердях 2000НМ. Негативна температура призводить до збільшення втрат у феритових осердях, що спричиняє звуження робочої області, а також зменшення їх магнітної проникності. Це істотно позначається на величині вихідної напруги ЕПЗ. Нижня межа робочого діапазону температур ЕПЗ на таких осердях коливається від -5 до -10°С, а для ЕПЗ на інших осердях, як показали досліди, - від 0 до -5°С.

Щоб забезпечити роботоздатність ЕПЗ при нижчих негативних температурах (до -60°С), слід застосовувати осердя з поліпшеними температурними характеристиками або температурну стабілізацію параметрів ЕПЗ. З цією метою можуть бути використані осердя типу 2000НМІ - 2000НМ2, які забезпечують роботоздатність ЕПЗ до $t = -50°C$.

Температурну стабілізацію параметрів ЕПЗ можна здійснювати такими способами: термостатуванням; безпосереднім

підігрівом феритових осердь; компенсацією втрат у контурі ЕПЗ. Безпосередній підігрів феритових осердь – це один з різновидів способу загального термостатування. В даному разі потрібна додаткова підігрівна обмотка з високоомного проводу, рівномірно намотаного безпосередньо на кільця осердь. Завдяки тому, що діаметр проводу обмотки підігріву малий (порядку десятих часток квадратного міліметра) і кількість витків невелика (не більше одного шару), додаткова обмотка практично не впливає на розміри внутрішнього діаметра феритових кілець, які визначаються з умови розміщення інших робочих обмоток та способів їх намотування. Стала часу підігріву для ЕПЗ цього типу визначається як час, протягом якого температура феритового осердя зміниться на 65% від різниці значень усталеної температури осердя і температури навколишнього середовища.

Позитивними сторонами розглянутого способу можна вважати: можливість використання для підігріву будь-яких джерел постійного або змінного струму; відсутність жорстких вимог до точності пристроїв, які регулюють нагрів феритових осердь ЕПЗ, що дає змогу зробити ці пристрої дуже простими і надійними; значне підвищення ефективності використання параметричних комірок пам"яті у пристроях індикації в умовах негативної температури навколишнього середовища. Недоліки способу такі: необхідність додаткових обмоток підігріву феритових осердь ЕПЗ і затрати значної потужності на підігрів осердь. Під впливом негативної температури змінюються такі магнітні властивості осердь, як магнітна проникність, що визначається в робочій точці за частковим циклом, і втрати на перемагнічування. Це призводить до зменшення амплітуди параметричних коливань у контурі, а значить, до зменшення яскравості світіння екрана відображення і до зменшення тристабільної зони ЕПЗ. Ці недоліки можна

певною мірою компенсувати шляхом збільшення потужності розкачки, яка підводиться до ЕПЗ. У таблиці Д5 наведено основні характеристики параметричних ЕПЗ.

Таблиця Д5

Характеристики параметричних ЕПЗ

Показники ЕПЗ	Частота генерованих коливань, кгц		
	2,5	5	10
Матеріал феритових осердь	2000НМ	2000НМ	2000НМ
Розміри феритових осердь, мм	31х18х7	20х10х5	16х8х6
Кількість витків:			
обмотка живлення w_1	6	3	3
контурна обмотка w_2	180	180	75
підвищувальна обмотка w_3	1000	700	350
обмотка керування при керуванні імпульсами струму $w_к$	10	6	6
Ємність контура С, мкф	0,05	0,03	0,022
Струм розкачки, а	0,3	0,35	0,3
Струм зміщення на початку робочої області I_{02}, а	0,68	0,5	0,68
Струм зміщення в кінці робочої області I_{03}, а	1,25	1,3	1,75
Ширина робочої області, ав	3,42	2,7	3,21
Напруга на вході ЕЛІ при I_{02}, в	160	140	130
Напруга на вході ЕЛІ при I_{03}, в	255	232	200
Споживана потужність у режимі генерування коливань, мвт	170	140	130
Споживана потужність при відсутності генерації, мвт	25	20	19

Література

1. Арутюнов М.Г., Маркович В.Д. Скоростной ввод - вывод информации. М., "Энергия", 1970.

2. Богданов Г.Б. и др. Ферритовые параметроны и терморезисторы в бесконтактных переключающих схемах. М., "Советское радио", 1970.

3. Боголюбов Н.В. Динамическое возбуждение оптоэлектронных ключей с прямой оптической связью. Л., Изд. ДНТП, 1970.

4. Боголюбов М.В. та ін. Електролюмінесцентні індикатори в системах відображення інформації. К., " "Техніка", 1971.

5. Богуславский Р.Е. и др. К расчету оптоэлектронных ключей для управления электролюминесцентными индикаторами. - В сб.: "Микроэлектроника", № 4. М., "Советское радио", 1971.

6. Борден Н., Нисс Р. Буквенно-цифровые индикаторы на светоизлучающих диодах с управлением на принципе стробирования. - "Электроника", 1970, № 5.

7. Бруфман С.С. Цифровые индикаторы. М., "Энергия", 1964.

8. Бутусов И.В. Цифровые устройства для автоматического контроля, измерения и управления. Л., "Недра", 1964.

9. Гаванин В.А. и др. Индикаторы тлеющего разряда. - "Приборы и техника эксперимента", 1965, № 5.

10. Деркач В.П., Корсунский В.М. Электролюминесцентные устройства. Киев, "Наукова думка", 1968.

11. Думблер С.Я. Автоматизированные системы управления промышленными предприятиями. М., "Экономика", 1966.

12. Есипенко В.Д., Соркин Ф.В. Основные физические характеристики электролюминесцентных знаковых индикаторов и перспективы их развития. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической информации". Вып.3, Киев, ДНТП, 1970.

13. Зинченко В.П., Панов Ю.Д. Построение системы управления и проблемы инженерной психологии. – В сб.: "Инженерная психология", М., "Прогресс", 1964.

14. Использование плазмы для индикации. – "Электроника", 1968, № 15.

15. Каминский Ю.Д., Коменда Э.И. Индикаторные и регистрирующие устройства для систем автоматического контроля. М., "Энергия", 1967.

16. Касименко А.В. Электролюминесцентные буквенно-цифровые индикаторы. М., "Советское радио", 1971.

17. Кирюшина А.Т. и др. Пути совершенствования ЭЛИ. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической знаковой информации". Вып.3. Киев, ДНТП, 1970.

18. Клюев Н.И. Информационные основы передачи сообщений. М., "Советское радио", 1966.

19. Крысенко Г.Д. Современные системы ПВО. М., Воениздат, 1966.

20. Лебедев Д.С., Цукерман Н.И. Телевидение и теория информации. М., "Энергия", 1965.

21. Лернер М.Н. и др. Способы динамической цифровой индикации. – "Автоматика и вычислительная техника", 1970, № 5.

22. Литвак И.И. и др. Новые типы электролюминес-

центных знаковых индикаторов и некоторые результаты оценки их читаемости. – В сб.: "Физико-технологические вопросы кибернетики". Вып.2. Киев, "Наукова думка", 1968.

23. Ломов Б.Ф. Человек и техника. М., "Советское радио", 1966.

24. Наймари Б. Пульты с электроннолучевыми трубками для ввода и вывода графической информации. – "Экспресс-информация". Серия "Вычислительная техника", 1969, № 2.

25. Перспективы развития индикаторных матриц на светоизлучающих диодах в Англии. – "Электроника", 1969, № 5.

26. Плоские индикаторы. "Радиоэлектроника за рубежом", № 41 (531), 1969.

27. Плоское устройство отображения. – "Электроника", т.42, 1969, № 7.

28. Покрывайло А.Б. и др. Индикаторные приборы тлеющего разряда. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической информации". Вып.1. Киев, ДНТП, 1969.

29. Прицкер Э.А. и др. Применение тиристоров для построения устройств управления визуальными индикаторами. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической знаковой информации". Вып.2. Киев, ДНТП, 1969.

30. Сависько П.А. Тенденция и состояние развития устройств отображения статической и динамической информации. Киев, ДНТП, 1969.

31. Сависько П.А., Семиряков В.П. Динамические устройства управления знаковыми экранами. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической знаковой информации". Вып.2. Киев, ДНТП, 1969.

32. Сависько П.А., Семиряков В.П. Об

одном способе возбуждения знаковых экранов. – В сб.: "Физико-технологические вопросы кибернетики". Вып.I. Киев, "Наукова думка", 1969.

33. Самойлов В.С. Качественные показатели телевизионного изображения. М., Госэнергоиздат, 1963.

34. Сатоси Силада. На пути к телевизору с плоским экраном. – "Электроника", 1968, № 8.

35. Свечников С.В. Элементы оптоэлектроники. М., "Советское радио", 1971.

36. Солодов А.В. Теория информации и ее применение к задачам автоматического управления и контроля. М., "Наука", 1967.

37. Термопластическая запись. М., "Искусство", 1966.

38. Техника систем индикации. Под ред. Шаманика Н.А., Иванова Н.И. М., "Мир", 1970.

39. Точилин Б.А. Семиэлементная ячейка светового табло. Авторское свидетельство № 156874. – "Бюллетень", 1963, № 8.

40. Трофименко В.И. и др. Оптические характеристики электрохимических индикаторов. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической знаковой информации". Вып.I. Киев, ДНТП, 1969.

41. Трофименко В.И., Сависько П.А. Электрохимические знаковые индикаторы. – В сб.: "Принципы построения устройств отображения статической и динамической знаковой информации". Вып.I. Киев, ДНТП, 1969.

42. Холуянов Г.Ф. Низковольтные электролюминесцентные индикаторы для транзисторных схем. Л., ДНТП, 1965.

43. Худаков В.Н., Булавин В.С. Феррит-конденсаторная ячейка управления. – "Механизация и автоматизация", 1968, № 5.

Зміст

Передмова 3
Розділ І. Основні вимоги до пристроїв відображення АСУ 5
1. Призначення і класифікація пристроїв відображення 5
2. Основні показники пристроїв відображення і вимоги до них 13
Розділ ІІ. Принципи побудови ПВ колективного користування 29
3. Пристрої відображення проекційного типу 29
4. Пристрої відображення коміркового типу 45
Розділ ІІІ. Основні характеристики коміркових екранів та індикаторів 47
5. Структура знакових екранів коміркового типу 47
6. Класифікація знакових індикаторів . . 54
7. Активні індикатори 58
8. Пасивні індикатори 73
Розділ ІУ. Принципи побудови вузлів керування екраном коміркового типу 78
9. Вузол керування із статичною пам"яттю 78
10. Вузол керування без пам"яті 85
11. Вузол керування з динамічною пам"яттю 92
12. Методи відтворення зображень на екрані 96
Розділ У. Пристрої спряження знакових екранів з джерелами інформації 101

§3. Основні характеристики 101
§4. Розподіл часу ЕОМ між обробкою інформації і обслуговуванням пристрою спряження 103
§5. Функціональна схема пристрою спряження 106
Додаток 1 117
Додаток 2 119
Література 137

Петр Антонович Сависько, канд. техн. наук,
Виталий Георгиевич Коряков, канд. техн. наук

Устройства отображения АСУ
(на украинском языке)

Редактор видавництва інж. Т.В. Шмиговська
Обкладинка художника А.Г. Самсонова
Художні редактори О.П. Кузьменко, Б.М. Бойко
Технічний редактор Л.І. Львовчкіна
Коректор С.Ю. Мощепако

65
3
22 с-3

Підписано до друку 16.I. 1973 г. Формат паперу 70x108 1/32.
Папір офсетний №I. Обсяг: 4,5 фіз. арк.; 6,3 умовн. арк.;
6,28 обл.-вид. арк. Тираж 900. Зам.7/68 . БФ 03784.
Ціна 40 коп.

Издательство "Техніка", 252601, Киев,1, ГСП, Пушкинская, 28.

Друкарня №I республіканського виробничого об"єднання
"Поліграфкнига",Київ, Золотоворітська,11.

40 коп.